

リアルオプションと戦略

2018 November

Vol. 10 No. 1


 日本リアルオプション学会
The Japan Association of Real Options and Strategy
<http://realopn.jp>

特集 SDGs 持続可能な開発目標 Sustainable Development Goals

巻頭言

コモディティ・ファイナンス研究部会を設立しました [吉田 靖] ————— 1

公開
研究会
2017-2018

講演要旨

『ユーザー関与イノベーションの新たなアプローチ』 [北原 康富] ————— 2
～素人発想と玄人実行は本当に有効か?～

人生100年時代の新しい働き方と、企業とワーカーの幸せな関係 [小崎 亜依子] — 8

第1回国際SDGsフォーラム兼第2回オープンフォーラム“世界と繋がる” [伊藤 晴祥] 15
大会ルポ

査読
論文

Sustainable Development Goals Implementation in an Evolving Global
Development Finance Landscape [Bate Moses Ayuk] ————— 16

持続可能な開発目標推進企業の株価に連動する世銀債の価値分析
[森平 爽一郎・伊藤 晴祥・小林 弘樹] ————— 29

Analysis of Impacts of SDGs Activities on Firm Value and Utility:
Proposals of SDGs Finance and Indices in Japan [Haruyoshi Ito] ————— 42

学会ニュース

第10巻 第1号

目次

巻頭言

コモディティ・ファイナンス研究部会を設立しました 吉田 靖 1

公開研究会 講演要旨

『ユーザー関与イノベーションの新たなアプローチ』 北原 康富 2
～素人発想と玄人実行は本当に有効か?～

人生100年時代の新しい働き方と、企業とワーカーの幸せな関係 小崎 亜依子 8

特集「SDGs」

第1回国際SDGsフォーラム兼第2回オープンフォーラム“世界と繋がる” 伊藤 晴祥 15
大会ルポ

査読論文

Sustainable Development Goals Implementation in an Evolving Bate Moses Ayuk 16
Global Development Finance Landscape

持続可能な開発目標推進企業の株価に連動する世銀債の価値分析
..... 森平 爽一郎・伊藤 晴祥・小林 弘樹 29

Analysis of Impacts of SDGs Activities on Firm Value and Utility: Haruyoshi Ito 42
Proposals of SDGs Finance and Indices in Japan

〈学会ニュース〉

学会だより (57)

日本リアルオプション学会法人会員リスト (57)

編集後記 (57)

巻頭言

コモディティ・ファイナンス研究部会を設立しました

吉田 靖

(東京経済大学 経営学部)

日本リアルオプション学会の研究部会として、コモディティ・ファイナンス研究部会の設立が認められ、筆者が主査を担当している。本欄をお借りして本研究部会の活動の御報告を致したい。

まず、本研究部会の目的は、貴金属、農産物、工業品などの伝統的なコモディティの先物やオプションのみならず、LNG や電力などのエネルギー、海上運賃、仮想通貨、天候、物価といった新しいコモディティ・デリバティブについて、その市場分析、価格分析、リスク管理、マクロ経済との関係など内外の最新の研究動向を踏まえた理解を深めていくことであり、皆様の積極的な御参加をお待ちしている。

これまでの研究部会

第1回は2018年3月19日(月)に開催し、会場にもなっている東京商品取引所の見学会を行った後、筆者の「東京商品取引所先物価格の先行性：原油輸入価格のナウキャスト」と、研究部会幹事でもある森平爽一郎慶應義塾大学名誉教授の「学界展望：商品先物・オプション分析における線形、非線形カルマンフィルターの適用について」の2報告があった。

第2回は5月15日(火)に開催し、東京商品取引所からの「東京商品取引所における電力先物市場開設について」と山田雄二筑波大学教授からの「JEPX を利用する小売電気事業者のデリバティブモデル：予測誤差と損失の統合リスクマネジメント」の2報告があった。

そして、第3回は9月21日(金)の開催で、佐々木真一郎アンカー・シップ・パートナーズ株式会社常務執行役員からの「海運会社(オペレーター)の船舶調達と日本の船舶金融市場」、森平爽一郎慶應義塾大学名誉教授からの「海上運賃：バルチック海運指数」、手塚広一郎日本大学教授・石坂元一福岡大学教授・石井昌宏上智大学教授(登壇者)の「海運市場参加者のリスクに対する態度と海上運賃の変動」の3報告があった。

これら3回は、いずれも盛況で活発な質疑応答・意見交換がなされ、筆者としても非常に有意義であった。これもひとえに報告者、参加者、会場を御提供いただいている東京商品取引所、そして本学会の皆様

の御尽力・御支援の賜物であり、この場をお借りして、感謝の意を表したい。特に電力と海上運賃の報告に接して、その背景の実務的奥深さとそれをモデルに表現して分析する様々な工夫は、株式や債券などの金融商品の研究には見られないものがあり、刺激的で非常に勉強になるものであった。

JAROS2018 と今後の研究部会など

コモディティ・ファイナンスというと、世界最古の先物取引所の堂島米市場が江戸時代に始まり、戦前まで続いたことが思い浮かぶ。本学会の研究発表大会 JAROS2018 では、高槻泰郎神戸大学准教授による「江戸時代の大名による資金調達：堂島米市場を中心に」と題する講演が12月1日に予定されている。JAROS2018 のセミナー全体のテーマは「サステナブル時代に向けた資本主義経済の新展開」となっているが、我々は江戸時代というと、悪徳商人と悪代官が結託して善良な町人をいじめているところに、正義の味方が登場して悪人を懲らしめてスカッとするという勧善懲悪シナリオの時代劇に慣れ親しんでしまっているような気もする。しかし、米の価格をコントロールしようとする幕府と取引所の自由を守ろうとする商人の攻防も実話であろうし、幕府や藩が商人から多額の借金をしていたことが規律づけになっていた可能性もあるのではないだろうか？ 翻って、現在の日本の財政の規律づけはどうなっているのか、などと考えてしまう次第である。

また、JAROS2018 ではコモディティ・ファイナンス・セッションが設けられ3件の報告がなされる予定である。次回の第4回研究部会は2019年1月25日(金)で、電力関連とCTA (Commodity Trading Advisor) 関連の報告を予定している。

研究部会では仮想通貨なども議論していきたいが、本来、中央集権的な統制を嫌って、信頼性を自律分散的な技術面で解決しようとしたこの仕組みが、マネーロンダリングなどの悪用や、交換業者へのハッキングなどの被害発生により、結局は国家権力による規制によって信頼性を確保しようとする皮肉な現象に、複雑な思いを禁じ得ない今日この頃である。

<公開研究会 2017年11月9日: 講演要旨> 於: 野村総合研究所 会議室

『ユーザー関与イノベーションの新たなアプローチ』 ～素人発想と玄人実行は本当に有効か?～

北原 康富 (きたはら やすとみ)
(名古屋商科大学ビジネススクール 教授)

プロフィール

東京理科大学理学部応用数学科卒業、早稲田大学後期博士課程修了、博士(学術)
日米のコンピュータメーカーにてシステムエンジニア及びマネジメントコンサルタントとして活動後、
1993年に戦略意思決定に関する支援システムの研究開発を行うベンチャー会社を設立。事業リスクシミュレーションやポートフォリオ評価などのシステム及びコンサルティングを提供。2006年より現職。

講演のテーマ

本講演は、「ユーザー関与のイノベーション」というテーマの下で、2つの異なるトピックを報告する。第一に、「素人発想と玄人実行は有効か」についての理論的検討である。本検討について、現在は仮説導出の段階であり、実証はこれからなので、是非、皆様から御指摘を参考にしたい。第二は、サービスの視点でのイノベーション機会の発見を、サービスだけでなくモノのイノベーションへ応用する実践的試みである。

1. 理論的検討...素人発想と玄人実行は有効か

三菱総研によると、株式公開企業約 500 社に対する調査で、77%の企業で製品化されていない技術が存在し、うち 27%の企業でそれが多く又はかなり存在する。これは優れた技術があってもそれが製品化に結びつかない、いわゆる「デスバレー(死の谷)」に陥っていることを示している。黒須(2007)は、日本の年間特許申請数は世界一だが、商品化されているものはこのうち2~3割としている。デスバレーには多様な原因があるが、ここでは技術者による用途開発を取り上げる。一般的に技術の用途を開発する場合、その技術の開発を担当した技術者が製品化の機会の探索や企画などを担当する場合が多い。しかし、黒須(2013)は、従来の技術中心設計では、技術者が新技術の応用事例を示し納得されれば製品化されるため、その製品が本当に利用者にとって有用かは考慮されていないと主張している。

また、ロボット工学の世界権威である金出は、研究開発やイノベーションに必要なのは、アイデアは素

人的に自由に発想し、それを玄人的なやり方で実現していく「素人発想・玄人実行」が重要であると主張している。金出によると、発想は単純・自由でなければならないが、玄人のなまじっか知っている専門知識が発想を生む視野を狭めてしまうという。よって、アイデアは素人的に考えるのが良いが、そのアイデアを、「餅は餅屋」である玄人が実行することがよいと提案している。素人のイノベーションの具体例には、次のようなものがある。コンビニの父と言われるセブンイレブン創業者の鈴木は、もともとは人事部長であり、小売の経験がないことが幸いしたと自身でも語っている。また、セイコークォーツの開発チームは、機械エンジニア集団であり、時計の水晶発振子を組み込むのに必要な電子工学エンジニアは一人しかいなかった。また、自立掃除ロボットのルンバを開発した iRobot 社の創業者は、もともと軍の人工知能の技術者であり、家電には全く無知だった。確かに、ルンバは、全く家電らしくない。また、MPESA は、途上国で格安の金融サービスを提供することで、アフリカ最大のフィンテック企業に成長した。同社のスタートアップは、携帯電話のネットワークを使った送金サービスである。このアイデアは、携帯電話のプリペイド通信料を、電話番号を指定した相手に転送でき、それを安い手数料で払い戻せるという、通信会社の機能を利用したものである。受け取った人はそれを携帯電話ショップで安い手数料で払い戻す。アフリカなど途上国における銀行経由の送金は、少ない支店と高い手数料のため、素人がこのアイデアを発想した。

一になりうる対象技術の非専門家全体を指す。

¹ 本稿でいうユーザーは、Hippel (2006)のいう、重要な市場動向に先行しているリード・ユーザーではなく、ユーザ

固着とは

専門家（玄人）と初心者（素人）の問題解決や創造性を比較した研究は多い。例えば、Yuanら(2014)による文献調査によると、専門家は、自身の知識や経験に基づき、より実用的・構造的・詳細に、かつ自律的に設計を行うのに対し、初心者は、与えられた問題に基づき、具体的な事例ベースの推論を用いて、逐次的に試行錯誤を繰り返す。一方で、問題をより広い知識空間で捉え、解決策のより大きな空間を考慮する。初心者はより多くのアイデアを生み出すことができるが、余り現実的ではない。また、Ward(2007)による実験では、スポーツをよく知っている人と余り知らない人に、新しいスポーツを発想させたところ、前者は実現可能な発想がより多かったのに対し、後者は独創的な発想がより多かったことを示した。

このことと、金出の言う「なまじっかな知識が自由な発想を邪魔する」ということはどのように関連するのだろうか。金子は玄人発想の失敗例として、1970年代のコンピューター機器の例を挙げている。金出は、コンピューターにプログラムを入力するために当時一般的であったカードパンチ機ではなく、大型コンピューターのメーカーが開発した（画面で入力ができる）スクリーンエディタを使ったところ、一行が80文字に固定され、また一文字ずつ移動することしかできないといった不便なところがあった。思い余って開発したエンジニアに聞いたところ「カードは80文字できていて、それを半分に切ることなどあり得ない」と説明した。金子はこのメーカーの専門家は、今あるパンチ機を電子化しただけの「玄人発想」だったという。専門家がパンチ機を念頭に置きすぎてそこから抜けられなかったというわけだ。このように、不要な知識や情報が意図せず思い出され（活性化し）、新たな発想に組み込まれてしまうことによって、有効な問題解決から思考を遠ざけることを「固着(Fixation)」という(Finke et al, 1996)。固着は今でも様々なところに見ることができる。例えば、パンチカードについての固着は最新のパソコンソフトにも存在する。筆者は、パソコンのメールソフト Thunderbird を使っているが、時々、予期せず改行されて困ることがあった。そこで初期設定を調べてみると、ワードラップ（自動的に改行する機能）の設定が72文字になっていた。この72文字は、前出の金出の例と同じくIBMパンチカードの仕様と一致する。80文字の内、右端の8文字はシステムの予約領域であり、純粋にプログラムを書けるのが72文字である。

Ward(2004)は、固着がイノベーションを阻害した例として、Barker(1993)によるソニーの例を挙げている。ソニーは、1970年代に音楽CDの媒体として、

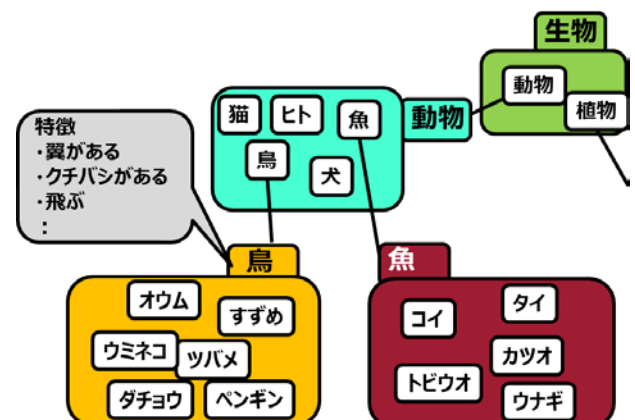
アナログ盤に代わる媒体を開発していた。ほとんどの基礎技術は開発が完成し、作った試作品を試したところ18時間も音楽が記録できることがわかった。しかし、記録時間が長すぎて音楽流通媒体にはふさわしくないと判断し、プロジェクトは中止となった。なぜ18時間も録音できたかという、試作品の直径が当時のLP盤のサイズと同じ30cmであった。プロジェクトを中止して8年後にフィリップスが「ソニーの方式で直径10cmの音楽CD」の共同開発をソニーに持ち掛けた。直径30cmという知識が、ソニーが音楽CD媒体を独占する機会を阻んだことになる。

新しい技術の開発といったイノベーションは、高度な専門知識が必須である。一方で、特定の問題解決にとって、不必要な知識や、かえって解決を阻む知識も活性化する場合がある。知識というのはイノベーションを前進させるが、それを止める壁にもなりえる(Ward, 2004)。この壁になる知識が、金出のいう「なまじっかな知識」に相当するのかもしれない。

知識の構造

イノベーションにとって有効な知識の利用とそうでない利用があるとすると、発想する際に、知識がどのようにアクセスされるかに興味を持たざるを得ない。そのため、ここでは概念カテゴリ理論を参照する。人は同じ特徴を持つ対象を、概念カテゴリというまとまりで扱っている(図表1)。例えば「イス」という概念は、個々の実体は異なっているが、共通した属性(4つの脚がある、座面がある、背もたれがあるなど)を持ったものの集合として認知し、その中に、「事務イス」、「食卓イス」といった個別の実体(事例)を当てはめている。さらに、イスは、上位のカテゴリ「家具」の事例でもある。「家具」は、イスのほかに机、食器棚、書棚などといった事例を持っている。このように、カテゴリは階層構造を成している。Rosch(1975)によると、概念カテゴリに含まれる事例には

図表1 カテゴリ構造



典型性があり、人はあるカテゴリの事例を挙げるように言われると、典型性の高い事例をほかの事例よりも先に、また高い頻度で挙げる。これと同様に、カテゴリの属性にも典型性があり、例えば、「イス」の属性「座面がある」は、「ひじ掛けがある」より典型的である。さらに、カテゴリ自体の階層にも典型性がある。「家具」カテゴリより「イス」カテゴリ、「根菜」カテゴリより「野菜」カテゴリの方が、典型性が高い。部屋の中にあるものを指し「あれは何？」と聞くと、「家具」という人は少なく「イス」という。同様に、イスの下位カテゴリである「食卓イス」という人は少ない。このように、最も典型的な階層のカテゴリ「基本カテゴリ」が存在する Rosch (1975)。

また、これらの典型性は判断する人の文化や立場によって異なる。改田(1992)によれば、野菜のカテゴリで最も典型的な事例は、アメリカ人にとっては1位：豆、2位：ニンジン、3位：青サヤインゲンだが、日本人は1位：キャベツ、2位：キュウリ、3位：レタスである。また、文化の違いがなくても専門家と非専門家との間で典型的なカテゴリは変動する。専門家は非専門家より多くの属性を持っているため、より下位のカテゴリを基本カテゴリとする (Rosch et al., 1976)。例えば、非専門家は「飛行機」を典型的なカテゴリとするのに対し、専門家は下位の「プロペラ機」を典型的とする。

概念カテゴリと発想とはどんな関係があるのだろうか。Finke et al. (1996)によると、人が発想する際には、全くランダムなアイデアではなく、何らかのゴールに向けて、その時点で知っている知識をもとに、知識を超えたアイデアを生成するとしている。Finke et al.はこれを、構造化イマジネーションと呼んでいる。事実、Ward (1994)は、地球とは全く異なる惑星の生物を想像させ、その多くが地球上の生物との共通点が多かったことから、知っている(地球上の)生物についての知識が固着となってアイデアの中に入り込んでいることを確認した。更に生成物に含まれる人間と共通の特徴の使われた頻度には差があり、例えば、「腕や脚がある」方が、「衣服を着ている」より多かった (Ward et al., 2000)。すなわち、典型性の高い属性の方が、生成物に含まれる頻度が高かったという²。

専門知識と固着

新製品開発(NPD)は、①技術と②問題解決への応用、の結合である。NPDには、Technology push (TP)とMarket pull (MP)という2つのアプローチがあるが、

これは①を所与とするか、②を所与とするかの違いに該当する。Herstatt & Lettl (2004)によれば、TPはMPに対して、破壊的イノベーションを引き起こす可能性がより大きいのに対し、MPは段階的イノベーションにとどまりやすい。一方で、MPは市場ニーズが存在するため短期間で開発できるのに対し、TPは高い市場不確実性を持ち開発に長期間を要している。冒頭で述べた通り、本稿で着目するアプローチはTPであるが、いずれのアプローチも、技術、及びその応用の機会を探索して、結合することでイノベーションの機会が創出される。それでは、TPの場合、具体的にどのようにしてその結合が起きるだろうか。専門家は、プッシュ対象の技術の機能をより細かく列挙することで、属性のリストを生成することができる。ところが、問題解決への応用は、非常に大きな知識空間から候補を選んでこなくてはならない。例えば、3MのPostItは、「はがれやすい糊」という技術の属性を、「しおりが落ちてしまう」という問題と結合させた。この問題は結果としては当たり前であるが、何も無いところから探し当てることは非常に困難である。

このような状況の下で、専門家がTPアプローチで新製品のアイデア創出に取り組んだとき、仮説として、次の2つの固着が考えられる。

仮説1：典型的な技術の属性を応用しようとする。
仮説2：応用しようとする問題に固着が起きている。

仮説1は、既述したとおりカテゴリの属性に典型性があり、Ward et al.(2000)が実験で見いだしたように、典型的な属性が固着を引き起こしたり、同じような製品アイデアになったりする可能性が考えられる。筆者らは、大学生を被験者として、使い終わったCDの利用方法、及びクリップの利用方法について、アイデアとそのアイデアで用いた属性を列挙させた。被験者とは独立に評定者がアイデアの独創性の評定を行った結果、非典型的な属性(被験者による利用頻度の少ない属性)を用いたアイデアの方が、より独創的であることが有意であった。一方仮説2については、専門家がもつ市場ニーズの知識空間は制限されることのほかに、専門家の知識に含まれる「例」に固着が生じることが考えられる。Simith et al.(1991)は、例が固着を引き起こす実験で、未知の動物や独創的なスポーツゲームを発想させる教示の際に、例を見せたときと見せない時で、産出物に違いがあることを発

性が高い頻度で含まれるとしている。

² Ward et al.は厳密には、属性の典型性を、手がかり妥当性と中心性に分けており、想像する際には中心性の高い属

見した。例を見た被験者のアイデアは、例が持つ特徴をより多く持っていた。一方で、Agogué et.al.(2011)は、拡散的な例を示したとき、発想がより広がることも実験で確認している。例によって固着が引き起こるか否かは、例の質、量、認知の仕方によって変化するかもしれない。

素人発想と玄人実行

専門家が引き起こすかもしれない2つの固着の可能性を、非専門家(素人)の介入によって緩和されるかが、筆者の興味である。Kristensson et al.(2017)は、①フランスのモバイル通信キャリア会社のプロの開発者(専門家)、②非専門家、③創造思考の訓練を受けた非専門家の3つのグループで、新しいネットワークサービスのアイデアについて発想させ、その独創性を評定した(10点評価で10が最も独創性が高い)。それによると、①2.99、②3.55、③4.10となり、非専門家の独創性が高かった。また、Lemasson & Magnusson(2002)による実験では、アイデアそのものの独創性は、専門家と非専門家の間で有意な差はみられなかったものの、専門家が発想する際に参照する心的なモデル(Generative model)が更新される度合いを評価したところ、非専門家のアイデアの方が、より更新の数が多いことがわかった。Generative modelとは、発想する製品に対するマインドセットであり、これが変わることによって発想するアイデアが大きく異なる。

ここまで、技術の応用のためのアイデア生成において、玄人(専門家)の発想の制約が、素人(非専門家)によって緩和される可能性について、知識の構造とそれによる固着を通じて検討してきた。今後は、仮説1と2を調査と実験により検証した上で、非専門家が、いつどのように介入することで専門家の固着が緩和されるかについて仮説を設計し検証していく予定である。

2. 実践的検討...サービス視点によるイノベーション

次に「ユーザー関与のイノベーション」に関連して、実践的なアプローチについて報告する。ここでは、サービスの視点で問題解決を捉えなおすことで、イノベーションの新しい機会を見いだすことに挑戦する。サービスと価値を考えるのに先立って、まずモノとサービスの違いについて再確認してみる(図表2)。両者は、人に価値をもたらすという面では共通であるが、モノは形があり、サービスは形がないという無形性/有形性という違いがある。他にも、モノは一度作るとその機能や効用は変動しないが、例えば、タク

シーの運転手の気分や体調によって運転も変わるように、サービスには変動性がある。また、在庫の可否もある。運転というサービスは、在庫はできないが、モノはできる。さらに、モノは生産したら生産者との関係は終了するが、サービスは提供されている時に同時にそれを生産している。運転手でも医師でも、サービスを生産しながら提供している。つまり生産と消費が同時に同じ場所で行われているのがサービスの特徴といえる。それに対して、モノは工場で作られて、使われるのは家とかオフィスであるので、場所が分離している。

図表2 サービスとモノの特徴比較

サービス	モノ
① 無形性 形がなく、触ることができない	有形性 物理的実体があり、触ることができる
② 変動性 提供される時々同一のものになるとは限らない。また、いつでも同一のものと同質されるとは限らない	一定性・固定性 モノの機能や効用は一定であり、同一の品質を期待できる
③ 消滅性 在庫ができない	継続性 在庫が可能
④ 同時性・価値の共創 サービスの生産、デリバリー、消費は同時になされる。 消費者がサービスの生産やデリバリーに深く関与する→価値の共創	分離性 モノの生産、流通、消費は別々の時間・空間で分離して遂行可能

次にサービスの価値について考えていく。タクシーを気持ちよく使った経験にはどんなことがあるだろうか。運転手とうまくコミュニケーションできたり、景色が綺麗だったなどがあるだろう。もちろん、安全に時間どおり目的に到着したり、余裕を持って到着したりすることも当然である。このようにサービスの体験価値には2つの側面がある、つまり目的地に行くまでの過程価値と、予定通り着くという結果価値である。もし結果価値しか考えなければ、運転手との会話や景色などは関係がないはずだが、景色自体は楽しめた訳で、価値はあったはずである。2つの価値は、美容院、病院、旅行など、どれにも当てはまる。

次に、サービスの体験価値に影響を与える要素を検討する。例えば、タクシーの利用体験に影響を与える要因には何があるだろうか。前述したように、提供者である運転手は第一の要因である。しかし、タクシーの車内が清潔かどうか、道路の混雑状況、さらには道路の舗装状況までが、体験価値に影響を与える。つまり第二の要因として、サービスの提供が行われる環境がある。これは決して環境だけではなく、ビジネスで重要な客と同乗するとき、私的な観光旅行でゆっくり乗車するときでは、その体験価値は異なる。これはサービスをどんな文脈で利用するかによる。3つ目の要因は、客そのものである。乗る客自身がイライラして、運転手に乱暴な口をきいたり、ひどく酔っ

ていたりすると、運転手のサービスも悪くなるかもしれない。診察に協力的な患者の方が、医師の診察サービスの質はより高くなる可能性が考えられる。乗客でも患者でも、体験価値がより大きくなるようなスキルを持ちそれを実行する「サービス」を自ら提供しているのである。

サービスのイノベーション

以上のように、サービスの体験価値には、過程価値と結果価値があり、それらは、提供者、環境・文脈、消費者の3つによって共創されている。このように捉えると、サービスのイノベーションの機会、このような2つの側面と、3つの要因に存在するといえる。サービス提供者は、専ら結果価値に着目するケースが多いかもしれないが、過程価値に着目することで新たなサービスが提供できるかもしれない。事実、筆者が以前、カナダのホテルを半年前に予約したところ、ユーザーIDとパスワードが送られてきて、ホテルの周りの野鳥や自然のリアルタイム映像が見られるサービスをしてくれた。予約直後から、過程価値の提供を開始しているといえるのではないか。また、カナダのヘルニア専門の外科病院では、ホテル並みの建物や環境、食事の設備などを備えているが、業界で最も低コストで運営されている。退院も早い、患者の満足度も業界トップクラスを維持している。患者の4割が米国から、6割が病院から50マイル以上遠から来る。この病院では、入院する際に、患者自身に体調やヘルニアの箇所など、ある程度専門的なところまで記入させる。その上で入院当日、まず患者に手術の前後の行動などを、かなり詳しく説明する。患者は手術当日の夜から、高級な夕食を取りに病室からでなくてはならない。その結果、食事や着替えのための介助サービスを不要とし、同時に早い回復を実現している。医療倫理的には議論のあるところであるが、自立できる患者を選び、教育し、自立を誘導する環境を提供するという、消費者と環境の2つの要素に戦略的なコントロールをしている事例である。

モノへの適用

次に、前述したサービス体験価値の構造を適用することによるモノのイノベーションのアプローチについて検討する。サービスドミナントロジック(SDL)は、2004年にVargo and Luschの論文で提唱された革新的なモノの見方であり、彼らはマーケティングの専門家であるが、SDLはマーケティング思想を変革するほどの影響をもたらしたのみならず、経済学における材や交換の定義に対して、新しい概念を提案している。SDLの最も革新的なところは、「モノも全

てサービスの一部とみなす」という前提にある。例えば、雨傘は、雨の屋外という環境の下で、ユーザーがそれを手で正しく保持することで初めて価値をもたらすと考えると、前述のタクシーと同じく、雨傘＝運転手となり、三者による価値の共創と考えることができる。傘を持ち歩いたり、忘れずに持って帰る体験は過程価値であり、必要なときにぬれないでいられることは結果価値といえる。いずれの価値も、ユーザーが傘を持って移動したり、忘れずに持ち帰ったり、雨の時にさしたりする行為をして初めてユーザーを雨からまもる「サービス」を提供すると考える。ユーザーも傘が必要なときに必要なサービスが発揮できるように自ら前述したような「サービス」を提供する。SDLではサービスは、知識やスキルを実行することとみなす。ユーザーは傘をさす知識やスキルを実行する。同じく傘も、メーカーが、ユーザーのサービスを前提として、物理的な構造や形にユーザーと価値を共創するための知識やスキルを埋め込む媒体と考える。

Vargo and Lusch (2016)によれば、伝統的・現代の経済学は、グッドドミナントロジック(GDL)一すなわち、企業で生産されるアウトプットの単位（一般には有形材）を製造し、流通させるという観点で成り立っている。それに対し、SDLでは、材は交換されるのではなく、取引当事者同士が、互いの知識を統合して、目的とする価値を創造すると考える。例えば漁師と農家が、魚と米を交換する場合、モノを交換しているのではなく、漁師は農家に代わって魚（自然界の蛋白源）を獲るスキルを、取った魚を媒体として提供している。このように、SDLはこれまでの材及びその交換についての概念を大きく変えるものであり、とてもこの紙面で語ることはできない。しかし、モノをサービスとして捉えると、前述したサービスのイノベーションの機会と同様なことを、モノに対しても発見できることが期待される。例えば、Vargo and Lusch (2016)によると、航空機のジェットエンジンのメーカーは、ジェットエンジンを航空キャリアに販売するのではなく、「推進力サービス」を提供すると捉える。事実、ジェットエンジンメーカーは、飛行マイル数に応じた課金でエンジン本体及びその保守サービス一切を提供している。

このように捉え直すと、図表3の④同時性及び価値の共創をモノに当てはめることで、新しい価値創出の事例を見ることもできる。例えば、ゼネラルミルズのケーキミックスというホットケーキの粉は、最初に発売されたときは、水だけ入れれば良いようにすべての成分を含んでいた。しかし売行きが思わしくなかったため、製品から卵成分だけ抜いたところ、

大きく販売を伸ばしたという。母親にとって、水だけ入れてケーキを作ることに手作り感がないため、あえて卵だけは追加する仕様とし、母親とメーカーで「手作りをしたケーキ」という価値の共創に成功したのである。これと類似した事例として、無印良品の子供用パジャマに見ることができる。このパジャマは主要な箇所に数字が表示されており、同じ数字を合わせると、きちんとたためるという。子供が自分でたたむことができることで、過程価値を共創していると考えることができる。

Vargo and Lusch (2016)は、イノベーションを、業者、製造者、消費者といったサービスの提供者たちが、価値を共創するプロセスを手助けする価値提案や制度化、と捉え、SDL はそれに関係すると主張する。モノのコト化と言われて久しいが、SDL で従来のモノを捉え直し、サービスのロジックを参照しながら、価値創出の機会を見いだせるとしたら、「コト化」の実現に少なからず寄与するだろう。

最後に、SDL とイノベーションプロセスとの関係について述べたい。イノベーションのプロセスとしてデザインシンキング (DT) が注目されている。米国では多くの企業で実践され、日本の企業でも導入が始まっている。紙面の制限で詳しく説明できないが、DT の最大の特徴に、「共感」...ユーザーの観察や深いインタビューを通じて、本人も気付かない嬉しさや辛さを発見すること...を通じて潜在的なニーズを発見するアプローチがある。世界で誰も気付いていないニーズが発見できれば、それを解決する方法はたとえありきたりの方法だとしても、イノベーションにつながる。Edman (2009)は、SDL と DT の接点と非接点について検討しているが、SDL は理論を起点とした概念的なロジックである一方で、DT はユーザーに焦点を当てたボトムアップの実践アプローチである。その成り立ちは大きく異なり、両者で使われる概念(用語の意味)に共通点はそれほど多くない。しかし、価値、価値創造をする人、及びユーザー体験などに共通の概念があり、相互に補完しうるカギとなる特徴があると論じている。筆者は、DT の「共感」を通じて SDL における価値の共創の機会が発見できることを期待している。例えば、Norman (2014)は、ユーザーが自分の家や部屋で、様々なモノを彼/彼女にとって最も適した位置に配置し、それを統合して価値創出をしていると主張する。例えば、2つのファイルキャビネットの上に平らなドアを置いて机にする大学生は、これらのモノに新しい価値を創造している。ファイルキャビネットのメーカーは、それを使うユーザーを深く観察し共感することで、商品とユーザーの価値共創の機会を発見することができる

かもしれない。

栗木ら(2012)は、アルコールフリーのビールテイスト飲料の市場投入の際、メーカーからの一方的な価値提案ではなく、ユーザーが利用したシーンとその時のユーザーの気持ちを収集して、市場で共有されるようにしたと報告している。例えば、小さい子供をもつ母親が、いつ何時子供が熱を出して医者に連れて行かなくてはならないので、好きなビールを我慢してきたが、安心してビールに似た爽快感を夕食のときに味わうことができたと発信した。競合会社は、ビールの代替品として、変わらない味を強調するのに対し、キリンは新しい飲物としてその価値が生まれる文脈をユーザーと共創した。メーカーは自社の商品のユーザーが、どのような文脈でその過程価値や結果価値を体験することができたかを、DT を通じてより積極的に探索することもできる。続いて、その文脈を積極的に提供したり、それが起こるときに商品にアクセスしやすくしたりすることができるかもしれない。

終わりに

本稿では理論検討及び実践の2つトピックについて報告したが、これらいずれも、イノベーションを創出するための知識やスキルを、専門家や提供者から、非専門家やユーザーに拡張するところに共通点がある。拡張の方法は、ユーザーが直接介入するだけでなく、専門家が素人的発想を取り入れる方法もあろう。いずれにしても、ニーズの多様化が進む今後、このような知識空間の拡張が一つのアプローチとなるかもしれない。

<講演要旨 2018年2月22日 於：野村総合研究所 会議室>

人生100年時代の新しい働き方と、 企業とワーカーの幸せな関係

小崎 亜依子

(株式会社 Waris ワークアゲイン事業 統括/Waris Innovation Hub プロデューサー)

1. 多様な働き方が求められる背景

高度成長期を支えた働き方、——正社員として残業もこなしながら、1社でキャリア構築を行うという働き方が限界を迎え、多様な働き方が求められるようになってきている。詳しい背景を説明する前に、「多様な働き方」の意味するところを整理する。1つは、働く時間や場所の幅を持たせるということ、副業を解禁することなど、正社員として働く人の働き方の柔軟性を高めるという意味がある。もう1つは、雇用形態からの多様性を意味し、具体的には固定的な責任範囲を柔軟にすること、雇用形態間の行き来を柔軟にすることが挙げられる。

図表1：雇用形態ごとの主な責任範囲・行き来の現状

形態	雇用期間	責任範囲	行き来
正社員	無期限	重い責任	一度正社員を外れると戻りにくい
契約社員	数年単位	正社員より軽い責任	正社員とそれ以外の行き来は困難
派遣社員	スポット的	予め決められた責任範囲のみ	
パート・アルバイト	スポット的	作業的な責任範囲	
業務委託 フリーランス (起業)	スポット的	作業的なものから重い責任まで	

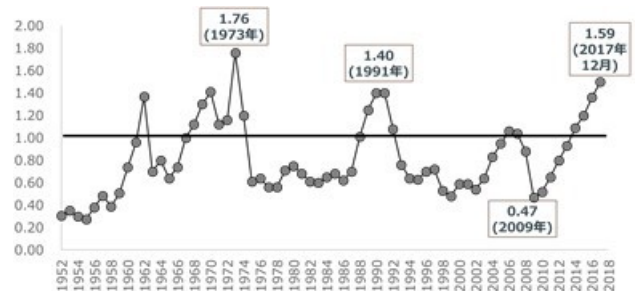
上記の前提を踏まえ、以下では多様な働き方が求められる背景を述べる。

1.1 マクロ的な側面

多様な働き方が求められるマクロ的な側面は2つある。人口減少等を背景とする労働者の不足、産業構造の変化による企業と労働者の関係性の変化、の2点である。

人口減少等を背景に、足元の有効求人倍率はバブル期を超える水準にある。

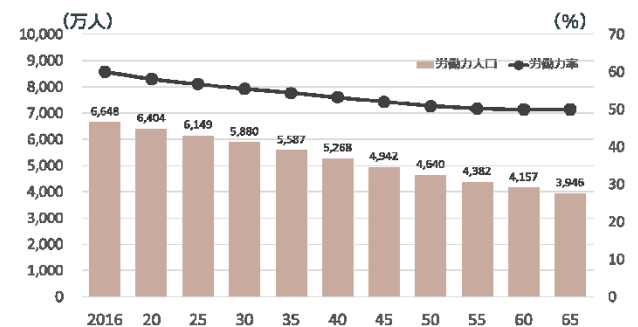
図表2：有効求人倍率の推移



(出所)厚生労働省

現状のままの労働参加率を前提とすると2065年の労働力人口は、2016年比4割減という推計もある。多様な働き方を推進することで、あらゆる層を労働力にしていく必要がある。

図表3：労働力率・労働力人口推計



(出所)みずほ総研(2017)

2つ目のマクロ的な背景は、産業構造の変化により企業と労働者の関係性が変化していることである。

オンデマンド経済の進展により企業は正社員に替わり業務委託者の活用を増やしていくといった指摘や、競争環境変化に対応するために、企業はプロジェクトの集合体となり、ワーカーもプロジェクトを渡

り歩くとといった指摘がある。

いずれにしても、産業構造の変化は、終身雇用を前提とした正社員モデルの崩壊を示唆しており、個人の意思とは無関係に多様な働き方が進んでいる現状がある。

- 今や、オンデマンド経済によって、私たちと労働との関係性や、それに内包される社会機構が根本的に変化している。
- 「ヒューマン・クラウド」を活用する経営者が増えている。専門的な仕事が分解され、意欲的な労働者が世界各地から集まる、「バーチャル・クラウド」が機能する。新たなオンデマンド経済で、労働の提供者は、もはや従来の意味での「従業員」ではなく、特定業務を遂行する「個人労働者」となる。

(出所)経済産業省(2017)

- 2035年の企業は、極端に言えば、ミッションや目的が明確なプロジェクトの塊となり、多くの方は、プロジェクト期間内はその企業に所属するが、プロジェクトが終了するとともに、別の企業に所属するという形で、人が事業内容の変化に合わせて、柔軟に企業の内外を移動する形になっていく。

(出所)厚生労働省(2016)

ここで、オンデマンド経済についての具体例を挙げる。1つの事例は、米 Kaggle 社¹である。企業が予測モデルの解決をポストし、世界中のデータサイエンティストがコンペ形式で最適モデルを競うプラットフォームであり、2017年には米 Google に買収されている。もう1つは、米 Amazon 社の Mechanical Turk サービス²である。音声録音の転写、画像の認識など、コンピューターが不得意な領域に特化している。Kaggle は高価格、ハイスペック人材のプラットフォームである一方で、Amazon Mechanical Turk は低価格、ロースペックである。オンデマンド経済といっても、このようかなり幅がある。

前者のようなプラットフォームにかかわっているワーカーはオンデマンド経済の進展を自由な働き方の到来と認識しているが³、後者のようなプラット

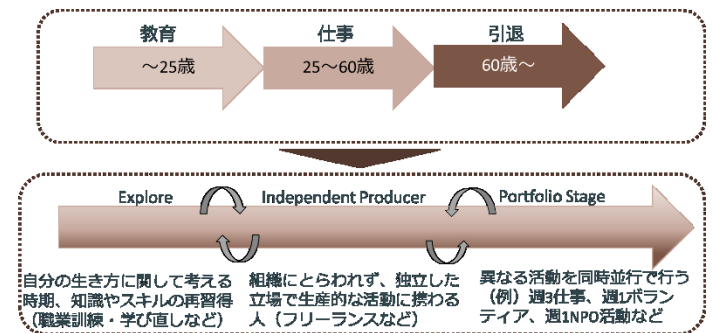
フォームにかかわっているワーカーにとっては、新たなタイプの低賃金職種の出現であり⁴、働く側の視点からはあまり好意的に捉えられていない。オンデマンド経済の進化は、ワーカーにとっては光と影の両面がある。

1.2 ミクロ的な側面

多様な働き方が求められるミクロ的な側面は2つある。長寿命化による従来型の正社員モデルの限界、ケア責任を負う労働者の活用の2点である。

平均寿命は延び続け、2100年頃には主な先進国では半数以上が100歳よりも長生きすると言われている(リンダグラットン・アンドリュースコット(2016))。そうした時代では、定年後の人生の長期化により、正社員として60~65歳まで働き、豊かな老後生活を送るモデルは限界を迎える。自身のスキルを常にアップデートし、雇用形態にとらわれずに働き続ける必要がある。

図表4: 従来型モデルと今後必要となる新たな働き方のモデル



(出所) 3. Lynda Gratton and Andrew Scott(2017).

労働力人口減時代には、ケア責任を負う労働者の積極登用が必須であり、それには短時間勤務を含む多様な働き方の整備が重要となる。

株式会社 Waris の調査⁵によれば、子育て期の女性の多くは時短勤務を望むものの、時短勤務では責任範囲が制限され、更に業務内容もフルタイム時とは大きく変わってしまう現実があることが示唆されている。

図表1で指摘したように、雇用形態によって責任範囲が固定化されてしまう傾向にあるが、本来は個

¹ <https://www.kaggle.com/>

² <https://aws.amazon.com/jp/mturk/>

³ 例えば、ダイアン・マルケイ著「ギグ・エコノミー 人生100年時代を幸せに暮らす最強の働き方」(日経BP社)などがその代表例。

⁴ 例えば、Atlantic社の「The Internet Is Enabling a New

Kind of Poorly Paid Hell」

(<https://www.theatlantic.com/business/archive/2018/01/amazon-mechanical-turk/551192/>)などがこうした問題を指摘している。

⁵ 株式会社 Waris (2016)「2016年 提言レポート～さらなる女性の継続就労・活躍が可能となる社会～」

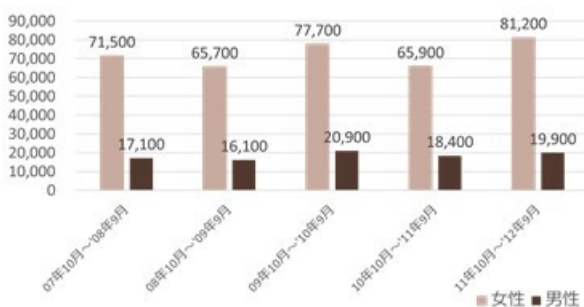
人の持つ能力とケア責任等による時間的制約は別個のものである。固定的観念にとらわれずに、個人の能力に応じた柔軟な業務配分及び適切な評価が必要となろう。

短時間勤務の現実

- 何か新しい仕事が舞い込んできたときに、メンバーに選ばれない。常にサポート業務しかやらせてもらえない。
- 20代のころは結婚。30代の第1子出産後は時短勤務で復帰していましたが、職場に女性社員が1人しかおらず、しかも時短を取っていたので、上司の方でも仕事の割り振りが分からないようでやりがいのない仕事しか回ってこず、このままこの職場で働き続けたのでは会社にぶら下がるだけの人生になると危機感を感じた。
- 2人目の育休中、立て続けに同じ職位の女性社員が2人退職した。二人とも子供が複数いて、その状況で今の会社でやっていくのは考えられない（会社には残れるけど塩漬けにされる、されるなら自分のやりたいことをやる）、と言って起業した。私も1人目の時短勤務でこの先への不安を感じていたので、将来の働き方について考えるようになった。
- 時短勤務にしたら、補助的な業務に配置転換され、役員直下の組織で日々のマネジメントをする人がいなかった。異動を希望したが無視された。

(出所)Waris(2016)

図表5：介護で離職する人の推移



(出所)内閣府(2016)

そして、ケア責任は女性に限った問題ではない。図表5のように介護で離職する男性も徐々にではある

が増えてきている。

実際、株式会社 Waris では、介護で数年間離職した後、再就職活動を行うがうまくいかなかったという男性から問い合わせを受けることが徐々に増えてきた。例えば、財務経理を中心とするバックオフィスでのキャリアが豊富だが、介護で一定期間離職していたある50代の男性には、ベンチャー企業でのバックオフィス業務を業務委託という形で紹介した。現在は、ベンチャー企業の若い社長の右腕として大活躍中である。責任ある仕事はフルタイム正社員にしか任せられないという固定観念にとらわれる必要はないということを示唆する事例である。

2. 多様な働き方の1つの選択肢としての「フリーランス

ここでは、多様な働き方の選択肢の1つである「フリーランス」について解説する。

2.1 フリーランスとは

フリーランスは決して新しい働き方というわけではない。自由な(free)槍(lance)というおりと、従来は中世の傭騎兵を意味する言葉であった。ここでのfreelanceとは、忠誠心や主従関係を捕らわれない自由な騎士であり、報酬や戦の意義を受け入れることができれば、どの君主の下でも戦ったという。現代では、特定の企業に所属せずにその都度契約を結びながら働く個人に広く使用されるようになった⁶。

前章で述べたような背景から、世界的にフリーランス人口は増加の一途にある。アメリカでは、2020年までに過半数がフリーランスになると予想されている⁷。欧州でもフリーランスは増加傾向にあり、スキルのあるフリーランスの増加率は2013年までの10年でEU27か国で47%である⁸。日本では、2017年の広義のフリーランスの数は1,122万人にのぼり、昨年度対比で5%増加である⁹。

フリーランスと一言でいっても、担当するビジネス領域やその難易度は様々である。図表6にビジネス領域(横軸)や難易度(縦軸)の表にしているが、あらゆるセルでフリーランスは存在する。具体的として記載しているのはほんの一例である。

ビジネスのあらゆる領域かつ様々な難易度領域に存在するが故、フリーランスをどのような働き方と捉えるかについても複数の視点がある。

⁶ Pink(2002)

⁷ UpWork(2017)

⁸ European Forum of Independent Professionals(2016)

⁹ ランサーズ(2017)

について述べる。

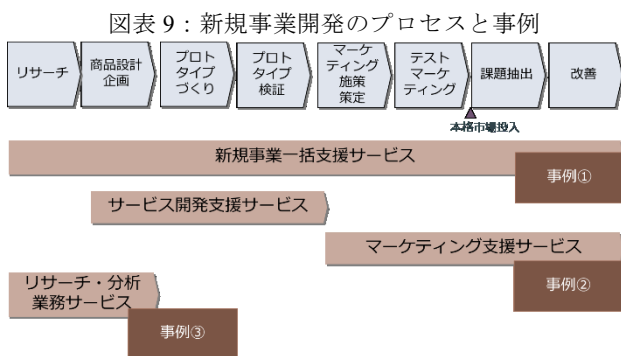
現在、登録者は 4000 名以上、1,200 社以上の導入実績がある。多くは業務委託として個人と企業をマッチングしている。登録者は、実務経験 10 年以上の女性、30 代～40 代前半の幹部候補者やリーダー以上経験者が中心である。職種としては、マーケティング広報、人事を中心としたバックオフィス業務が多い。

取引のある企業のうち、7 割は中小・ベンチャー企業である。これら中小・ベンチャー企業は、より人手不足が深刻であるが故、優秀な人材ならば雇用形態や稼働工数は柔軟に検討するところが多い。

3.2 具体的な事例

次に、具体的な事例を解説する。特にクライアントからのニーズが多く対応できる人材も豊富な新規事業開発における事例及び人事における事例を取り上げる。いずれの事案においても、高い専門知識やネットワークの提供、コンサルティング会社に発注する場合と比較した費用対効果に満足という意見がクライアントからは寄せられた。実際、企業を対象としたアンケート調査においても、フリーランス活用のメリットとして、社員にはないスキル・視点を挙げる企業が最も多い¹⁰。

図表 9 は新規事業開発における一連のプロセス及び各事例の支援領域を示している。



(出所)株式会社 Waris

具体的な内容は以下のとおりである。

<p>事例 ①</p>	<p>クライアントニーズ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新規事業であるウェブ事業を大きなコストをかけずに素早く立ち上げたい <p>対応したフリーランス：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大手 IT 企業で複数の IT 新規事業立ち上げ経験者 <p>実施内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・社長と壁打ちしながら案のブラッシュアップ ・ニーズ把握のためのヒアリング調査の実施 ・新サービスサイトの企画立案 ・新サイト発注のディレクション ・新サービス認知度アップ施策の立案とテストマーケティング実施 ・サービスローンチ、等
<p>事例 ②</p>	<p>クライアントニーズ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新商品のマーケティング施策を作ってほしい <p>対応したフリーランス：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大手機器メーカーで女性向け商品の企画立案経験者 <p>実施内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Waris 登録者を活用しターゲット層の女性のニーズ調査実施 ・顧客価値を起点としたマーケティング戦略立案 ・上記をベースとしたヒアリング先選定及び実査・結果分析 ・ターゲットと販売施策案の提案書作成、等
<p>事例 ③</p>	<p>クライアントニーズ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数新規案件がありリサーチを効率化したい <p>対応したフリーランス：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シンクタンク、コンサルティング会社などでのリサーチ経験者 <p>実施内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数ある市場リサーチ案件の定性・定量リサーチ ・市場概況、新規参入の可能性などについてレポート、等

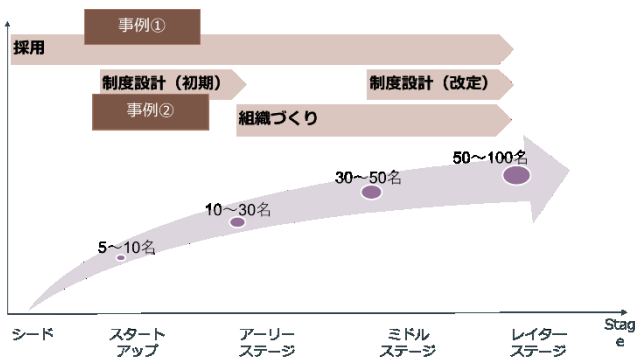
(出所)株式会社 Waris

¹⁰ 株式会社 Waris(2017)「活躍フリーランスの幸せ度実態

調査」

次に人事の事例を示す。

図表 10：事業ステージごとの主な人事施策と事例



(出所)株式会社 Waris

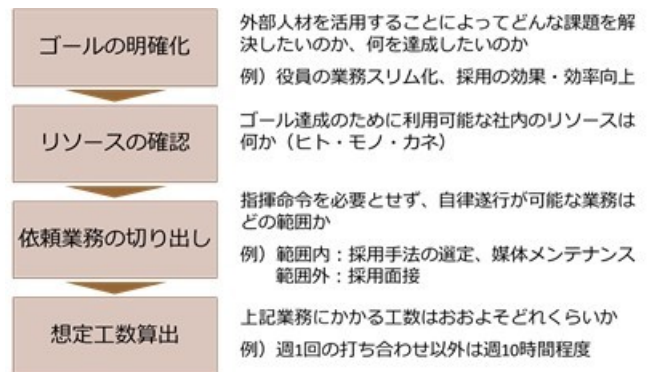
事例①	<p>クライアントニーズ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・優秀エンジニアを採用したい <p>対応したフリーランス：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ITベンチャーでエンジニア採用のマネージャー経験者 <p>実施内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エンジニアリーチのための新しい手法提案 ・エンジニアが関心をもつテーマでの勉強会開催 ・エンジニア紹介キャンペーン施策の実施 ・採用目標の管理、等
事例②	<p>クライアントニーズ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現状にあわせた評価体系をつくりたい <p>対応したフリーランス：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・10名から200名規模になるベンチャーの成長を人事部長として支えてきた経験者 <p>実施内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・経営陣と方向性のすり合わせ ・理想と現実のギャップの把握 ・現場意見を踏まえた制度の提案 ・社員の心理をふまえた新制度の導入のソフトランディングの提案、等

(出所)株式会社 Waris

上記のようなマッチングを組成する際の、プロジェクト組成における一連の流れは以下のとおりであ

る。課題は明確でも対応策が明確でない場合、やりたいことは壮大な一方でリソースが限定的な場合、フリーランスへの外注に慣れていない場合などがあるため、下記のプロセスを踏みながら、丁寧にプロジェクトを組成する必要がある。

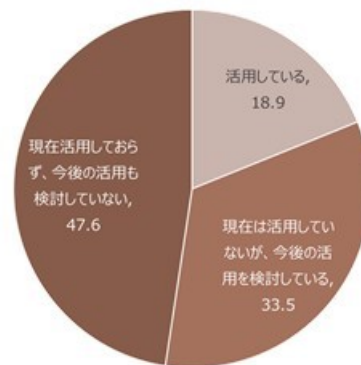
図表 11：プロジェクト組成までの流れ



(出所)株式会社 Waris

上記に示したような事例がある一方で、全般的にみれば、フリーランスを活用する企業はまだまだ限定的だ。経済産業省(2016)のアンケート調査によれば、フリーランス人材の活用について、約半数の企業が「現在活用しておらず、今後の活用も検討していない」と回答している。

図表 12：フリーランスの活用についての考え



(出所)経済産業省(2016)

フリーランス活用においては、情報漏えいをどう防ぐか、契約内容をどうするか、万が一のリスクをどう担保するかなど、様々な障壁があるのは事実だ。しかしながら、今後人手不足が深刻化する中で、責任ある仕事はフルタイム正社員にしか依頼できないという固定観念にとらわれずに、フリーランス人材も含めた多様な人材の活用を検討する必要がある。

4. フリーランスというキャリアを考える

2.2で、変革型フリーランスのように自ら高い価値提供できるような人材になる必要があると述べたが、それではどうしたらそういう人材になれるのだろうか。ここでは、Warisのアンケート調査などから得られた知見を紹介したい。

4.1 活躍できるフリーランスの要素

フリーランスとして活躍し続けるためにはどういった要素が必要ですか？という自由記述回答を、KJ法を用いて分析したのが下表である。高い専門能力だけでなく、ありたい姿・ビジョンなども含まれているのが特徴である。雇用よりも個人の負うリスクが大きいからこそ、なぜその選択をしたのかに対する十分な理解が必要となる。

図表13：活躍できるフリーランスの要素

		度数	出現率	
業務遂行に関連するもの	1 自走性高く案件を完遂	時間やタスクを計画的に管理し、自ら考え自ら動き、様々なタスクを平行させながら着実に完遂することができる	77	50%
	2 コミュニケーション能力・良好な人間関係構築	どんな環境であっても、周囲の人との良好な環境づくりを行い、相手に配慮しながら自分の意見を主張し、柔軟に対応していくことができる	42	27%
	3 成果に結びつく専門性・能力・経験	主軸となる専門領域のスキルがあり、仕事への高いプライドを持ち、成果を出さることができる	27	17%
	4 自分を売る力	自分をブランディングし、社会のニーズを自らのサービスに転換し付加価値を付け、適切な値段で提案することができる	15	10%
	5 ニーズ・状況の判断	クライアントのニーズやプロジェクトの状況を適切に判断することができる	11	7%
	6 人を巻き込み・頼ることができる	他者に働きかけ巻き込み、自身にないスキルを持つ仲間を頼ることができる	5	3%
内的なもの	7 前向きさ	仕事が好きで、積極的に取り組み、細かい部分に一言一髪せずに「何とかなる」と楽観的な考え方ができる	20	13%
	8 ありたい姿・ビジョンが明確	自分の考えや行動を把握・理解し、自身を肯定し、どんなキャリア人生を歩みたいのか、何を実現したいのかを明確に持っている	19	12%
	9 自分の幅を広げる努力	評価・望まれるスキルを高める努力を怠らず、常に好奇心旺盛で、リスクをとって自分のフィールドを広げることが恐れない	18	12%

(出所) Waris (2017)

5. 終わりに

本稿では、多様な働き方が必要になるのは、不可逆的な流れであることを説明し、フリーランスという選択肢について解説を行った。フリーランスといってもハイスpekからロースpekまで様々であるが、着目したいのは、企業のイノベーション創出や経営基盤強化に貢献できる「変革型フリーランス」であると述べた。企業に高い価値提供を行うフリーランスの事例も出てきてはいるものの、まだ多くの課題がある点にも触れた。

フリーランス人口は全世界的に見て増加傾向にある。フリーランスをキャリアの選択肢として考える人にとっては、どういう要素が必要なのかを意識した会社員時代を送ってほしい。変革型フリーランスのように企業に高い価値を提供できるようなフリーランスであれば、自ら仕事を選択することができ、一定程度の単価水準を保つことができるからだ。変革型フリーランスというキャリアについて、どういう要素が成功要因になり得るのかなどの詳細な研究は

今後の課題としたい。

参考文献・資料

- David H. Autor & Frank Levy & Richard J. Murnane (2003), "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration". *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Press, vol. 118(4), pages 1279-1333.
- European Forum of Independent Professionals (2016), "Future Working: The Rise Of European's Independent Professionals".
- Lynda Gratton and Andrew Scott (2017), Bloomsbury Business. (池村 千秋(訳)(2017) 『LIFE SHIFT (ライフ・シフト)』 東洋経済新報社).
- Michael E. Porter (1985), *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.
- Daniel H. Pink (2002). *Free Agent Nation*. Grand Central Publishing. (池村 千秋(訳)(2011) 『フリーエージェント社会の到来—「雇われない生き方」は何を変えるか』ダイヤモンド社).
- Upwork (2017), "Freelancing in America 2017"
- 宇田忠司 (2009), 「フリーランスの言説スペクトル：英雄・騎士・従僕」, *Economic Studies*, 59(3): 215-224.
- 経済産業省 (2017), 「雇用関係によらない働き方」に関する研究会 報告書。
- 経済産業省 (2016), 「働き方改革に関する実態調査」。
- 厚生労働省 (2016), 「働き方の未来 2035：一人ひとりが輝くために」。
- 内閣府 (2016), 「平成28年版高齢社会白書」。
- みずほ総合研究所 (2017), 「少子高齢化で労働力人口は4割減」 みずほインサイト。
- ランサーズ株式会社 (2017), 「フリーランスに関する実態調査 2017」。
- 株式会社 Waris (2016), 「2016年 提言レポート～さらなる女性の継続就労・活躍が可能となる社会へ～」。
- 株式会社 Waris (2017), 「活躍フリーランスの幸せ度実態調査」。

<第1回国際SDGsフォーラムルポ 2018年1月28日 於：国際大学>

第1回国際SDGsフォーラム 兼第2回オープンフォーラム“世界と繋がる” 大会ルポ

伊藤 晴祥

(国際大学 大学院国際経営学研究所)

第1回国際SDGsフォーラム兼第2回オープンフォーラム“世界と繋がる”公益社団法人日本工学アカデミーSDGsプロジェクト主催、国際大学共催が、2018年1月28日に国際大学にて開催された¹⁾。

金融セッションでは、筆者が趣旨説明と日本及び世界でのSDGsファイナンスの事例紹介を行った。MBA修士2年のMoses Ayuk Bate氏は、アフリカに焦点を絞り、SDGsファイナンスの事例紹介を行った。上記2本の発表は本機関紙にて査読論文として掲載されている。地球環境戦略研究機関のXin Zhou氏は、SDGs各課題の関連性とネットワーク分析に関して発表し、各課題間は必ずしも補完関係にあるものではなく、相反する課題もあること示し、SDGsの達成に向けて解決すべき問題点を明らかにした²⁾。

午後は、国際大学伊丹学長の開会挨拶、青山学院大学大学院北川教授（筆者が代理）の国際SDGsフォーラム開催にむけた趣旨説明に続いて、日本工学アカデミーSDGsプロジェクトリーダーの武田晴夫氏がSDGsの産官学連携の国際動向について報告した。

その後、表1のとおり、11人の国際大学学生が9か国（セネガル、ウズベキスタン、ミャンマー、ベトナム、南アフリカ、エチオピア、スリランカ、マダガスカル）を代表して7つの目標（目標1：貧困をなくそう、目標4：質の高い教育をみんなに、目標5：ジェンダー平等を実現しよう、目標8：働き甲斐も経済成長も、目標9：産業と技術革新の基盤をつくろう、目標11：住み続けられるまちづくりを、目標16：平和と公正をすべての人に）に関し各国の問題と目標達成へ向けた提案を行った。

目標毎にグループに分かれて、各国の課題、解決策、日本企業の貢献について議論がなされた。活発な議論があり、参加者の方々も国際大学の学生との交流を通じて現実の問題を把握することができ、SDGs達成のために必要なことが理解できたとのことであっ

た。このフォーラムをきっかけとして世界各国が繋がり、SDGsが達成されることを期待する。

当該フォーラムへの参加者、主催者、関係スタッフの皆様のご尽力により成功裏に終わることができた。心より御礼申し上げる。

表1: 国際大学学生によるプレゼンテーション

目標	発表者とタイトル
1	Zo Havana Iagahajaina Rakotoarivelo, Madagascar's long walk for achieving SDGs goal n°1: assessment of poverty before and during the political crisis in 2009. Case of Four Neighborhoods in the Capital City Antananarivo.
4	Diarietou Gueye, Sustainable Development Goals: Promoting Japanese Kaizen in the Senegalese Vocational Training Centers. Otabek Kasimov, Quality of Education: Online Education. Zin Mar Htwe, A Window of Opportunity for Union Budget Reform of Educaiton Sector in Myanmar
5	My Nguyen, Gender imbalance in Vietnam Bennitta Senyatsi, Sustaining Women in the Age of Sustainability: A Preliminary Analysis on the Case of an Automotive Industry in South Africa
8	Dennis Nyaga, Free Trade vs Protectionism: Free Trade as Driving Force of Economic Growth. Zelima Ademba, Can the slippery slope framework be applied in developing countries to raise tax compliance? Case study of Nairobi county, in Kenya Africa.
9	Habtom Welday, Overview of Ethiopia's Industrialization Practices and Challenegs under SDG Framework.
11	H.A.B.W. Hettiarachchi P.W Mudalige, Sustainability of Tourism industry in Sri Lanka.
16	E.N.R de Silva, Participation By Interest Actors in TRIPS Agreement of WTO :Did cooperation accomplish developing countries hope??

注: 表における目標はそれぞれ、1: 貧困をなくそう、4: 質の高い教育をみんなに、5: ジェンダー平等を実現しよう、8: 働き甲斐も経済成長も、9: 産業と技術革新の基盤をつくろう、11: 住み続けられるまちづくりを、16: 平和と公正をすべての人に、である。

1 フォーラムの様子は金融SDGs研究会のホームページから視聴可能である(<http://fin-sdgs.jp/movie/56/> 会員限定)。
2 レポートの詳細は、地球環境戦略研究機関のホームペー

ジからダウンロード可能である。
(<https://pub.iges.or.jp/pub/sustainable-development-goals-interlinkages>)

<査読論文 2018年7月13日採択>

Sustainable Development Goals Implementation in an Evolving Global Development Finance Landscape

Bate Moses Ayuk

2nd year Master Student

International University of Japan

Abstract Investment needs for the Sustainable Development Goals (SDGs) are huge. Official resource flows cannot make up the gap, and private market financing is on the rise. SDGs bonds issued by the World Bank, the Hong Kong and Shanghai Banking Corporation (HSBC), and the Australian and New Zealand Banking Group (ANZ) were all oversubscribed, mainly by institutional investors motivated by the SDGs' promise to save humanity, the planet and ensure global prosperity. As the corporate sector and the financial markets increase their role in SDGs financing, the challenge for the issuers is how to balance financial reward incentives and the necessity to account for sustainable development impact, which is the basic motivation for most SDGs bonds investors. How can SDGs-linked bonds indexes and prices be made to respond to SDGs progress? Insights from financial theory suggest that indexes of bonds issued for development purposes should have a strong correlation with an indicator of well-being and economic progress. A cross-sectional regression of the SDGs Index (a measure of SDGs performance) against the Gross National Income per capita (a proxy for well-being), based on a sample of 117 countries, revealed a strong positive correlation between the two aggregates. From this finding, we recommend that SDGs bonds be linked to the SDGs Index; in this way, bond prices and indexes will reflect sustainable development performance. Moreover, since the relevance of the 17 SDGs, their baselines and pace of progress vary from one country or region to the other, we suggest that SDGs bonds target specific countries or regions, and thematic areas of the SDGs.

Keywords: Sustainable development goals, official development finance, private flows at market terms, bonds, impact investing

1. Introduction

Over the last sixty years, global development finance has evolved considerably in response to changing global development challenges and frameworks. Official resource flows that represented the main part of development financing have gradually declined in relative importance, while private financing at market terms has risen. Between 1960 and 2014, flows of official development financing¹ declined from 68% of total development financing to 29.3%, while the contribution of private development financing at market terms increased from 32.0% of total development financing to 65.5% over the same period. In volume terms, in 1960, flows of private development financing at market terms were about half of the official development finance, US\$2,604.00 and US\$5,521.47 million, respectively (OECD 2018). The reverse is true in 2014, where net flows of private development financing at market terms rose to more than twice the official development finance, US\$184,702.82 and US\$412,877.45, respectively. Worthy of note is the rise in the relative importance of bonds and other securities, which were virtually unreported prior to 1995, but rose progressively

to 26.85% of total private development financing in 2014.² The Sustainable Development Goals (SDGs) build on the progress made from the Millennium Development Goals' implementation and seek to address the unsolved and emerging global development challenges (UN 2015b). The associated financing needs are huge, and official resource flows alone cannot suffice. The United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD 2014) estimated that between US\$3.3 trillion and US\$4.5 trillion of global investment is needed annually for SDGs implementation in developing countries, which by far exceeds the peak of \$142.6 billion of ODA disbursements reported by the OECD (2017) for 2016.

SDGs-linked bonds have gained popularity among financial institutions as a means of mobilizing private savings and channeling them for sustainable development. The Hong Kong and Shanghai Banking Corporation (HSBC) issued the first ever corporate SDGs-linked bond, which was over-subscribed three times and raised US\$1 billion. The funds were ear-marked for supporting improved access to education, fresh water and sanitation, essential healthcare, development of renewable energy,

1 Official Development financing as used in this report refers to combination of Official Development Assistance (ODA), Other Official Flows (OOF), and Officially Supported Export Credits

(BRÄUTIGAM 2010).

2 Calculations are based on data from OECD. Stat, accessed December 2017.

building sustainable cities and transport systems, and to help communities adapt to climate change effects (HSBC 2017). In March 2017, the World Bank, in collaboration with PNP Paribas Bank, announced the mobilization of €163 million by issuing SDGs-linked bonds. The funds will be used to finance projects that aim at eliminating extreme poverty, furthering shared prosperity, and supporting programs that are aligned with the SDGs (World Bank 2017). In February 2018, the Australia and New Zealand Banking Group Limited (ANZ) also announced having raised €750 million through SDGs-linked bonds that will be used to support 9 of the 17 SDGs.

As market financing becomes the most significant contributor to development financing, the challenge for the corporate world is how to balance financial reward motivations and sustainable development impact motives.

When SDGs-linked bonds are issued, what is being sold? In other words, what is the underlying asset that gives value to the SDGs bonds? At what price are they being sold? What is the relationship between the SDGs bonds prices and changes in the underlying asset value? Pondering on these questions, it can be understood that the underlying asset from which SDGs bonds derive their value is the promise of global prosperity in its three (3) dimensions - humanity, the planet and the society – as follows: (i) the promise of a world free of poverty and want; (ii) the promise to protect the planet from degradation; and (iii) the promise of peaceful, just and inclusive societies (UN 2015b).

If the underlying asset for SDGs-linked bonds is the promise of global prosperity, then the prices of SDGs-linked bonds should reflect progress made toward realizing this promise. This progress is measured by the SDGs indicators and the SDGs Index.

Moreover, SDGs-related investments fall within the framework of impact investments, which combine the desire to generate a measurable economic, social and environmental impact and the desire to enjoy a financial reward (Cambridge Associates 2017). It is the impact motive of SDGs-related investments that is the point of focus of the current study.

Presently, the Index used to construct SDGs-linked bonds is the Solactive Sustainable Development Goals World Market Value Index (World Bank 2017). It is a composite Index constructed as a weighted average of market capitalizations of 50 companies that are assessed to

be compliant with the SDGs. The question here is how the index behaves regarding the change in indicators of progress of the SDGs, the underlying asset for SDGs bonds.

To make it simple, let us consider the April 2018 purchase of 75 million shares of Apple Inc. by Warren Buffet, which increased his Apple Inc. stock holdings to \$42 billion. The investor was moved to buy the stocks based on Apple Inc.'s current performance and product development perspectives (Financial Times 2018). Weak company performance will dampen investor confidence and reduce stock demand, thereby affecting price and returns (Abu Dhabi Securities 2014). This example shows how investment in a company's stock is related to the real performance of the company. This logic underlies the construction of GDP-linked securities, where the returns are related to a country's economic performance measured by its GDP (Schroder et al, 2004, Bowman and Naylor 2017). A change in GDP will lead to a corresponding change in bond returns and prices: positive GDP growth will lead to an increase in coupon payments³ and a rise in bond prices, whereas negative GDP growth is associated with a reduction in coupon payments and a fall in bond prices (Schroder et al 2004).

Now, regarding the Solactive SDGs-linked Index bond, its construction is based on a selection of 50 companies which comply with the SDGs (Solactive 2015). SDGs-linked bond prices and their returns vary with changes in the index level (Solactive 2017).

However, there is no mechanism by which progress made in the SDGs in countries or thematic areas in which the funds are used (as witnessed in a change in the SDGs indicators) is captured in the Solactive SDGs World MV Index or SDGs-linked bonds' prices. At best, the Solactive SDGs World MV Index captures the changes in behavior towards the SDGs by the 50 companies represented in its structure (Vigeo Eiris 2017).

How can SDGs-linked bond prices be made to respond to SDGs performance or to changes in indicators of progress of the SDGs? What is the appropriate metric that when used as an SDGs-linked bonds index would enable bond prices to capture the progress made in SDGs?

The main objective of the study is to ensure that private investments in SDGs bonds generate measurable sustainable development impacts that guided the investment decisions. Specifically, the objectives are as follows:

3 Coupon payments are the periodic financial rewards to

investors agreed in a contract (CFA Institute 2017).

- ✓ Propose an alternative SDGs bond index that is sensitive to SDGs performance.
- ✓ Make recommendations to improve the sustainable development impacts of private investments in SDGs bonds.

The rest of this paper is structured as follows: A review of related literature is followed by a presentation of the methodology. We then provide an understand of the Solactive SDGs MV Index and its use as an SDGs bond benchmark. Next, we examine the SDGs Index, laying emphasis on its correlation with an indicator of wellbeing, the Gross National Income (GNI) per capita. The paper ends with recommendations and a conclusion.

2. Literature Review

In this section we will review the existing literature on financing the SDGs, impact investing, bond indexing, and the relationship between market discipline and economic efficiency.

2.1. Financing needs for implementing the SDGs

The resource needs for SDGs implementation are considerable. The Addis Ababa Action Agenda (UN 2015), identified six different main types of resources – domestic, international, private, public, debt relief, technology and innovative finance. An increase in private investments is needed to complement public resource flows to hasten the progress towards achieving the SDGs (UNCTAD 2014).

As part of the preparatory work leading up to the formulation of the SDGs, UNCTAD (2014) made an in-depth analysis of the resource needs and financial implications of the SDGs. Recognizing that public resources alone would not make up the resource gap, UNCTAD (2014) recommended increased private sector contributions to complement public sector efforts. According to UNCTAD (2014), such contributions can take the form of behavioral change or financing.

2.2. The SDGs as an impact investing framework

The Cambridge Associates (CA) and the Global Impact Investing Network (GIIN) define impact investing as “investment made in companies, organizations, and funds with the intention to generate a measurable, beneficial, social or environmental impact, alongside (or in lieu of) a financial return” (CA and GIIN 2015). According to Douma, Scott and Bulzomi (2017), the SDGs provide

the most comprehensive framework for identifying impact investing themes and through which investors can contribute to addressing core global sustainable development challenges. Douma, Scott and Bulzomi (2017) mapped out thematic areas of impact investing, directly linking them to all the 17 SDGs. Private investment in SDGs is fiduciary duty of the corporate sector, it serves as a macro and micro risk assessment and mitigation framework and a framework for identifying macro and micro opportunities for investment (Douma, Scott and Bulzomi 2017).

2.3. Index-linked bonds for financing development

In a survey carried out among market participants – investors as well as potential issuers – Schroder, Heinemann, Kruse and Meitner (2004) developed a general framework for designing and evaluating GDP-linked bonds by indexing coupon payments to (i) development of the GDP with respect to a base year, and (ii) the periodic changes in GDP. A specific attribute of this type of bond is that debt servicing is related to the paying capacity of the target economy. For the purpose of designing economic development-related index-linked bonds, Schröder et al. (2004) went forward to recommend the linking of bonds to the GDP or any other benchmark that is highly correlated with GDP, because development-related index-linked bonds have a high correlation with the ability to pay.

Created in October 2007 under the name “Structured Solutions”, the Frankfurt-based German⁴ generator of financial indices, Solactive, has developed over 260 equity trust funds (ETF). For the purposes of issuing SDGs bonds, Solactive (2017) designed the Solactive Sustainable Development Goals Market Value index. This is a composite Index made up of a weighted mean of market values of 50 companies that are selected using the Vigeo Eiris’ Equities® methodology to determine their SDGs compliance. While the Solactive SDGs Index is ingenious in its design, a key concern is its ability to respond to SDGs progress or lack of progress.

2.4. Market discipline and economic efficiency

Literature abounds that studies the relationship between firms’ performances, on the one hand, and stock prices and returns. Ratemo (2015) suggests that a significantly positive relationship exists between the stock prices of firms that invest in sustainability reporting and

4 Solactive (2018). For more on this, visit

<https://www.solactive.com/about-us/>.

company's performance, measured in terms of Return on Assets (ROA). In another study, Chrysovalantis, Iftekhhar and Fotios (2013) reveal the existence of a positive and statistically significant relationship between profit efficiency changes and market-adjusted stock returns. However, they fail to find strong evidence that cost efficiency changes are associated with stock returns.

Defining firm efficiency as a firm's ability to transform inputs into outputs Frijns, Margaritis, Psillaki (2012) showed that the level of operational efficiency of a firm is reflected in the prices of its securities. This implies that the higher the operating efficiency of a firm, the higher would be its value in the eyes of investors, all other things being equal. This is because an efficient firm would more likely face less risk of default since it makes better use of the funds supplied.

Djankov and Hoekman (2000) suggest that market discipline enhances economic efficiency, measured by total factor productivity (TFP). Controlling for policy changes and making the distinction between exporting and non-exporting firms, Djankov and Hoekman (2000) suggest a positive relationship between enhanced market discipline which arises from increased trade liberalization, on the one hand, and total factor productivity growth of firms, on the other hand.

The above studies offer two important insights that are worthy of consideration in the design of SDGs-linked securities:

Firstly, the price of securities is affected by the performance of the underlying assets (Cortez and Cudia 2010, Ratemo 2015). This means that if SDGs-linked bonds indexes are designed to be sensitive to SDGs outcomes, SDGs performance would affect bond indexes and prices.

Secondly, market discipline enhances economic efficiency (Cortez and Cudia 2010, Nakamura 2011, Ratemo 2015, Chrysovalantis, Iftekhhar and Fotios 2013), Frijns, Margaritis, Psillaki 2012, Djankov and Hoekman 2000). The implication for SDGs bonds is that by linking these bonds to indexes that are responsive to SDGs performance, market forces have the potential to influence behaviors of actors to improve sustainable development performance.

Although much literature is available in the area of asset pricing and bond development, (Solactive 2013, Bertelsmann Stiftung and SDSN 2016 & 2017) and bond indexing for development purposes using economic indicators like the GDP (Schroder et al 2004, Bowman and

Naylor 2017), there is scope for more work.

Firstly, the studies on bond indexing studies, mainly address the financial aspect of the rewards to investors. Beyond financial rewards, SDGs-related investments are founded on impact motives – climate change adaptation and mitigation, poverty eradication, elimination of infant mortality, education, etc. (Douma, Scott and Bulzomi 2017). A key concern is how to relate SDGs performance to the movement of the SDGs-linked bonds index. This study attempts to fill this gap by suggesting a different SDGs bonds benchmark.

Secondly, studies examining the relationship between market discipline and efficiency are based on samples of firms. By contrast, the SDGs are a systemic framework, and reporting is done at the level of countries and organizations. This study adds to the existing literature by demonstrating that when SDGs bonds are linked to appropriate indexes, market discipline can influence the issuers and other market participants towards improved use of funds raised and this will improve SDGs outcomes.

3. Methodology and Conceptual Framework

We will present data sources and descriptive statistics, the model used and a conceptual framework.

3.1. Data sources and descriptive statistics

The data used in this study comes from three main sources. Official Development Assistance data was obtained from the OECD statistical database, Gross National Income per capita data was obtained from the World Development Indicators database and the Sustainable Development Goal Index Data was obtained from the Sustainable Development Goals Foundation Network database.

Trends in development financing show an increase in the relative importance of private development flows, while the relative contribution of official development finance (ODA) is falling. OECD development finance statistics show that private development finance is the fastest growing source of development funding (Figure 1). A close look at major components of global development financing - ODA, Officially Supported Export Credits, Other Official Flows, Private Flows at Market Terms and Net Private Grants – confirms this trend (Figure 1).

Figure 2 shows that beginning 2012 bonds and other securities, which constitute mechanisms of mobilizing private savings for development, have gained in significance in terms of their relative contribution to

development financing. In 2007/8, bonds turned negative, possibly as a result of the global financial crisis. When expressed as a percentage of total development disbursements, it can be seen that ODA disbursements decreased from 58% to 28.3% between 1960 and 2014, while disbursements of development financing at market terms increased from 32.0% to 65.5% over the same period (OECD 2018).

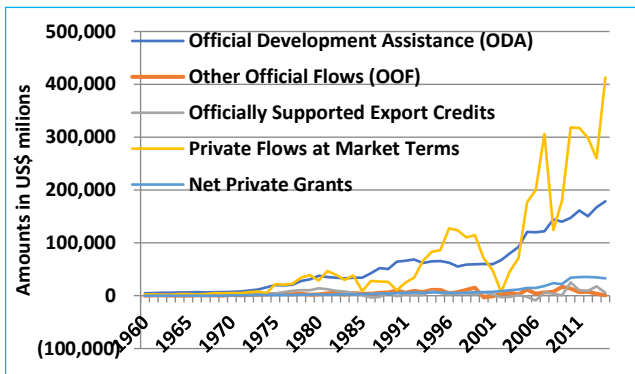


Figure 1: This figure shows net development financing disbursed between 1960 and 2014 (\$US millions). It can be observed that private flows at market terms (in yellow) have risen above official development assistance (in blue).
Source: Author using data from OECD.Stat, accessed on 30 Dec 2017

Note: Graphs in the figures are Private Flows at Market Terms, Official Development Assistance (ODA), Net Private Grants, Officially Supported Exports Credits, and Other Official Flows (OOF) from the top to bottom in the 2014 results.

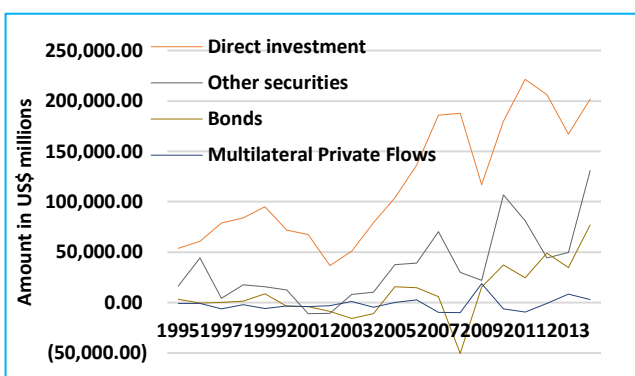


Figure 2: Evolution of components of private aid at market terms between 1995 and 2014 (US\$ millions), showing rapid bonds increase beginning 2012.

Source: Author using data from OECD.Stat, accessed on 30 Dec 2017

3.2. Model used and hypotheses of the study

The construction of a model is based on the empirical work carried out by Schroder et al. (2004) on bond indexing. Schroder et al. (2004) propose that for the purpose of issuing bonds for development purposes the choice of indexes should be based on the degree of correlation of the benchmark with a measure of economic development such as GDP. In this regard, in order to determine the applicability of the SDGs Index as a benchmark for SDGs bonds, we sought to verify its correlation with an indicator of economic development, the Gross National Income per capita, which derives directly from the GDP, as suggested by Schroder et al (2004). The choice of the Sustainable Development Goals Index as a possible benchmark for SDGs bonds is because this index is a summary of all the indicators of progress of the SDGs (Bertelsmann Stiftung and SDSN 2017).

The choice of the Gross National Income (GNI) per capita to test the SDGs Index's correlation with economic wellbeing and thus its suitability as an SDGs bond benchmark is because the GNI per capita is a better measure of the wealth of a nation than GDP per capita (Capelli and Vaggi 2013). Although the Gross National Disposable Income per capita is arguably a better alternative,⁵ data limitations caused us not to employ this aggregate in our model. Based on these considerations, our model is given as follows:

$$\text{Log}(GNI_{percapita}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Log}(SDG_i) + e$$

Where $\text{Log}(GNI_{percapita})$ is the natural logarithm of Gross National Income per capita, and $\text{Log}(SDG_i)$ is the natural log of the SDGs Index. The model will be examined through the following hypotheses:

✓ **H0: SDGs Index is not positively related to GNI per capita**

The null hypothesis will help us check if the GNI per capita is effectively correlated to the SDGs index. If we fail to reject the null hypothesis, then we conclude that there is no correlation between the SDGs index and GNI per capita. This implies that any change in the SDGs index does not reflect a change in economic well-being (Capelli and Vaggi 2013). In this case, we would not recommend the SDGs index as a benchmark for SDGs bonds, since bond price and returns might not truly reflect wellbeing (Ratemo 2015) and may also not be related to the ability to

5 Capelli, C. and Vaggi G. (2013), A better indicator of standards of living: The Gross National Disposable Income, Working paper: Università di Pavia, December 2013, p.21.

<http://economiaweb.unipv.it/wp-content/uploads/2017/06/DEMWP0062.pdf>

pay (Schroder et al. 2014).

✓ **H1: SDGs Index is positively related to Gross National Income (GNI) per capita.**

If the null hypothesis is rejected, then we confirm that there is a strong explanatory relationship between GNI per capita and the SDGs index. In this case, we can conclude that the SDGs index can be a good benchmark for indexing SDGs bonds, debt will be related to the ability to pay, and bond price movements will also reflect SDGs performance.

3.3. Conceptual framework

This study is founded on a number of empirical studies that form the rationale for private investment in the SDGs. The first group of studies suggests that market discipline favors economic efficiency (Djankov and Hoekman 2000). If SDGs bond indexes are responsive to sustainable development performance, market forces that sanction poor performance and reward good performance will motivate development actors to achieve improved sustainable development outcomes. Other studies suggest that the underlying asset performance of a company affects the prices of its securities (Cortez and Cudia 2010, Ratemo 2015). The SDGs being an impact investing framework, the SDGs bonds derive their value from the sustainable development results or outcomes, which constitute the underlying assets of the SDGs bonds (Douma, Scott and Bulzomi 2017). This means that poor SDGs performance would adversely affect bond prices and returns, while good performance would improve bond prices.

The present study seeks to build on the empirical findings and recommendations of Schroder et al. (2004), who proposed that bond issues for economic development purposes be linked to indexes that have a strong correlation with an indicator of economic performance like GDP. In this way the associated debt is linked to a country's ability to pay, and price movements can serve as a true barometer of the sustainability performance of the target country.

Delmon (2011), while acknowledging that the private sector plays an important role in implementing economic development programs, suggests that the added efficiency of private firms derives from a number of factors, among which are the following: the use of commercial and cost-effective approaches to problem solving, better governance, improved accountability, less politically oriented decision-making, and transparency.⁶ This relative

efficiency of the private sector and its contribution to the implementation of economic activities, including those managed by the public sector, is a factor that has been harnessed for the development of public private partnership models (Delmon 2011). From this perspective, private participation in SDGs implementation would help foster progress towards sustainable development, as the private actors adopt better approaches to solving development challenges, involving competition, transparency and less politically-oriented decision-making.

3.3.1. A framework for bonds indexing

Let us now review how an index-linked bond works, using the framework employed by Schroder et al. (2004) and Kruse (2009). The coupon payment for an index-linked bond can be linked either to the index development relative to a base year or the periodic change of the index (Kruse 2009) as follows:

✓ For index development:

$$Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * Index_t / Index_0$$

✓ For index growth:

$$Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * Index_t / Index_{t-1}$$

Options can be embedded in the index-linked bonds to ensure minimum coupon payments or to place a ceiling on the amount of coupon payable. When coupon payments have a minimum payment clause, the formula would be as follows:

$$Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * [\max(Index_t / Index_{t-1} - 1; 0) + 1]$$

Redemption features can also be embedded so that the bond can be redeemed after a specified time at par or at market price.

3.3.2. Examples of index-linked bonds

Many examples of bond-indexing exist whose main objective is to securitize the investor returns. For instance, inflation-linked bonds have their coupon payments and principal repayments linked to price indices (Schroder et al 2004). The coupon payment for an inflation-indexed bond is given by the following formula:

$$\text{For bonds linked to inflation index development,} \\ Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * Inflation\ Index_t / Inflation\ Index_0 .$$

$$\text{For bonds linked to change in the inflation index,} \\ Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * Inflation\ Index_t / Inflation\ Index_{t-1} .$$

Likewise, GDP-linked bonds have their coupons linked to GDP development or GDP growth. For instance,

6 Delmon (2011), p. 13-14

a GDP-linked bond whose coupon payments are based on GDP growth would be as follows:

$$\text{Coupon}_t = \text{Fixed Coupon}_t * \text{GDP}_t / \text{GDP}_0.$$

On the other hand, a GDP bond whose coupon is linked to GDP change would have its coupon payment expressed as:

$$\text{Coupon}_t = \text{Fixed Coupon}_t * \text{GDP}_t / \text{GDP}_{t-1}$$

Most SDGs bonds issued to date, including those issued by the World Bank, have their coupon payments linked to the Solactive Sustainable Development Goals World Market Value Index (Solactive SDGs World MV Index). Let us analyze the structure of the Solactive SDGs World MV Index.

4. A Critical Examination of the Solactive Sustainable Development Goals World Market Value Index

The SDGs-linked bonds are constructed by linking their coupon payments to the performance of an equity index. The index used for most of the SDGs bonds is the Solactive SDGs World MV Index, which is made up of 50 equally-weighted companies which show a track record of positive impactful actions in favor of sustainable development (World Bank 2017, Solactive 2017 & 2018).

4.1. Determination of the Solactive Sustainable Development Goals World Market Value Index

Solactive uses the Vigeo Eiris' Equities® methodology to determine the eligibility of companies for inclusion in the index computation. The methodology controls for Economic, Social and Governance (ESG) aspects of sustainability. It captures the contributions of companies to SDGs, and applies financial filters to adjust for factors such as volatility (Vigeo Eiris Ratings 2017). Through this process, companies are rated with regard to their impact on people, the planet and their business practices.

Companies considered for inclusion in the index are those that operate in areas that promote the SDGs or that have modified their activity lines, procedures and product offerings to fit the SDGs (Virgeo Eiris 2017).

The Index also excludes those companies that operate in industries like nuclear energy, tobacco or firearms, as well as companies marked by controversies such as human rights violations. It also filters companies

for volatility and liquidity, and chooses stocks so as to ensure geographical and sectoral diversification from different regions of the world as well as different sectors of the economy. This way, the Index includes stocks from Europe, Asia and America, which give it a global scope (Vigeo Eiris 2017).

This approach seeks to establish a link between the companies' products, services and behaviors and the three aspects of sustainability.

Table 1: SDGs Index Construction.

SDGs Pillar	Description
1. ESG control	<ul style="list-style-type: none"> - Exclusion of companies with an ESG below the regional average - Exclusion of companies with a major involvement in alcohol, armament, gambling, nuclear, and tobacco, or involved in critical controversies - Exclusion of companies involved in critical controversies - Exclusion of largest sector carbon emitters without a robust (50/100) Energy Transition score
2. SDGs contribution	<ul style="list-style-type: none"> - Inclusion of companies with leading sustainable behavior in their sector - Inclusion of companies with significant involvement in sustainable products
3. Financial filters	<ul style="list-style-type: none"> - Liquidity filter - Low volatility filter - Geographical and sectorial diversification - Equally-weighted - Volatility control - Adjustment factor

Source: Vigeo Eiris (2017)

The formula for determining the value of the Solactive Index is given as the sum product of all Index Components: (1) the Number of Shares of the Index Component; and (2) the Trading Price of the Index Component at the respective index currency. The formula⁷ is as follows:

$$\text{Index}_t = \sum_{i=1}^n x_{i,t} * p_{i,t}$$

where:

Index_t is Solactive Sustainable Development Goals World MV Index on business day t rounded to 2 decimal places, $p_{i,t}$ is the price of index component i on business day t

⁷ Solactive (2017), p.7.

converted into the Index Currency, $x_{i,t}$ is the number of shares of the index component i on business day t , calculated as follows:

If t falls into the Rebalancing Period⁸, the Number of Shares $x_{i,t}$ is calculated as follows:

$$x_{i,t} = \frac{w_i^{target}(t) * index_{t-1}}{P_{i,t-1}}$$

Otherwise, besides any adjustments due to Corporate Actions, $x_{i,t} = x_{i,t-1}$

The Initial Value of the index is set at 100 at the close of trading on the start date, which has been fixed on February 02, 2004. The Index price is reported on each Business Day in Euros. It is determined from the prices of the Index Components as reported in the respective Exchanges on which they are listed. Only the most recent available prices of Index Components are included. Prices which are not published in Euros are translated using Reuters' spot foreign exchange rates. The Index Closing Level of the day is determined at 4 pm London time using Reuters/WMCO closing spot rates.

4.2. Performance of the Solactive SDGs World MV Index

Figure 3 shows the historical performance of the Solactive SDGs Index index beginning 2004, constructed based on a retrospective application of the index formula (Solactive 2017).



Figure 3: The historical performance of the Solactive SDGs World Market Value Index.

Source: Solactive (2018),

<https://www.solactive.com/?s=sdg&index=DE000SLA24X6>

In the graph, we see an ascending trend in the index from 2004 to 2018. In effect, between 2004 and 2018, the Solactive SDGs Index in its current construction has increased by 160%, from a value of 100 in 2004 (the base year) to 260.07 in 2018. This good performance of the

index enhances investors' willingness to buy SDGs-linked bonds. However, the index has exhibited high volatility in recent years. After reaching a peak of 292.99 in May 2017, it dropped to 260.07 in April 2018 (Solactive 2018).

4.3. Weaknesses of the Solactive SDGs World MV Index as an impact investing benchmark

The question is how the Solactive SDGs World MV Index, which is constructed from share prices of 50 companies, responds to changes in SDGs' performance indicators, which have country and thematic dimensions.

While SDGs bond prices change with the Solactive Index (Solactive 2017), it is not clear whether the change in Solactive Index is related to change in the SDGs indicators. In other words, there is no clear relationship between the Solactive SDGs Index and the realization or non-realization of the country or thematic SDGs.

The above observation does not mean that the Solactive SDGs World MV Index is bad. The Index is widely accepted by the market due to its ingenious design, its historical performance and the success of bonds linked to it, which in most cases were over-subscribed (World Bank 2018). Our position is that the Solactive SDGs World MV Index is not sufficient as an impact investing benchmark appropriate for the SDGs, since it does not change with the SDGs performance indicators.

5. The Sustainable Development Goals Index: A Performance Sensitive Benchmark for SDGs Bonds

In a report for the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress, Stiglitz, Sen and Fitoussi (2009) recommended that any measure of well-being should reflect three things: material conditions, quality of life and sustainability. The SDGs were adopted alongside 169 targets and some 241 indicators of progress that track progress in the economic, social and governance dimensions of sustainability. Progress made against each SDGs is assessed on the basis of the observed changes in indicators of progress (Edouard and Bernstein 2016). Overall progress is judged by the level of the SDGs Index (Bertelsmann Stiftung and SDSN 2017).

5.1. Determination of the SDGs Index

Based on SDGs indicators, the Bertelsmann Stiftung

following Business Day in case the first Wednesday does not fall on a Business Day (Solactive 2017).

⁸ "Rebalancing Period" is a period of 10 Trading Days after the Adjustment Day. "Adjustment Day" is the first Wednesday in February, May, August and November or the immediately

and SDSN (2017) developed the Sustainable Development Goals Index (SDGs Index). The SDGs Index and Dashboards, published annually, present the SDGs baselines for each country and progress made toward agreed targets as well as differences that exist across countries, regions and income groups.

The index is determined using the original data for each variable (indicator), scaled to the interval [0;100] using a linear transformation:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}, \text{ where } x \text{ represents the raw data;}$$

max/min are the lower and upper bounds denoting the best and worst performances, respectively; and x' stands for the normalized value following rescaling.

A score of 50 for an indicator shows that the country is half-way to the best performance, and a country which scores 75 is three quarters along the distance from worst to best performance.

The overall SDGs Index is determined by the arithmetic mean of the rescaled variables (indicators) corresponding to each SDG, before aggregating, using equal weights, all the SDGs for which data is reported for the country (Bertelsmann Stiftung and SDSN 2017).

The formula for the determination of the SDGs Index is given by:

$$I_{ij}(N_{ij}, I_{ij}, \rho) = \left[\sum_{k=1}^{N_{ij}} \frac{1}{N_{ij}} I_{ijk}^\rho \right]^{-1/\rho}$$

Where, I_{ijk} represents the score of indicator k under SDGs j for country i ; N_{ij} is the number of indicators for SDGs j ; and ρ denotes the substitutability across components of the indicator, which takes values between $-1 \leq \rho \leq \infty$.⁹

The elasticity of substitution σ across SDGs Index components is $\sigma = 1 / (1 + \rho)$. Where σ takes values of $0 \leq \sigma \leq \infty$. And $\rho = (1 - \sigma) / \sigma$, where $-1 \leq \rho \leq \infty$.

The overall country score for country, I_i , can be obtained by aggregating the SDGs Index scores, I_{ij} , using a similar equation:

$$I_i(N_i, N_{ij}, I_{ij}, \rho) = \sum_{j=1}^{N_i} \frac{1}{N_i} \left[\sum_{k=1}^{N_{ij}} \frac{1}{N_{ij}} I_{ijk}^\rho \right]^{-1/\rho}$$

where N_i stands for the number of SDGs for which country i has data.

The Bertelsmann Stiftung and SDSN (2017) present three special cases of this function. First, the case of perfect

substitutability, also called weak sustainability, of index components ($\sigma = \infty$, $\rho = -1$); where lack of progress on one indicator can be offset by good performance on another indicator. The function then becomes:

$$I_{ij}(N_{ij}, I_{ijk}) = \sum_{k=1}^{N_{ij}} \frac{1}{N_{ij}} I_{ijk}$$

Second, strong sustainability, occurs when the components of the SDGs Index, are not substitutable ($\sigma = 0$, $\rho = \infty$). Here, the constant elasticity of substitution function becomes a Leontief production function with orthogonal isoquants, with the score I_{ij} of a country i and SDGs j determined by the country's lowest score I_{ijk} across all SDGs indicators k :

$$I_{ij}(I_{ijk}) = \min\{I_{ijk}\}$$

The third is intermediate, linear substitutability, given by the Cobb-Douglas production function where $\sigma = 1$ and $\rho = 1$. The SDGs Index I_{ij} turns into the geometric mean of the index components I_{ijk} :

$$I_{ij}(N_{ij}, I_{ijk}) = \prod_{k=1}^{N_{ij}} \sqrt[N_{ij}]{I_{ijk}}$$

The geometric average is used for combining heterogeneous variables which have limited substitutability and where analysis is based on percentage changes rather than absolute changes, a method adopted in the Human Development Index beginning (HDI) 2010 (UNDP 2015).

The arithmetic mean, equally weighted, has been adopted for aggregating variable (indicator) scores within each SDGs using the perfect substitutability or "weak sustainability" case since each SDGs is a collection of complementary policy priorities. The overall SDGs Index score for country i is determined using the perfect substitutability case, where lack of progress on one indicator can be offset by good performance on another indicator, as follows:

$$I_i(N_i, N_{ij}, I_{ijk}) = \sum_{j=1}^{N_i} \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_{ij}} \frac{1}{N_{ij}} I_{ijk}$$

where I_i represents the index score for country i , N_i the number of SDGs reported by the country i , N_{ij} , the number of indicators for SDGs j reported by country i , and I_{ijk} represents the score of variable (indicator) k under SDGs j for country i .

For the purpose of financing development, Schroder Stiftung and SDSN (2017) op. cit. p. 44.

9 Arrow et al. (1961), pp. 225-250. As cited by Bertelsmann

et al (2004) recommended the use of benchmarks which have strong positive correlations with GDP. In what follows, we study the nature of the relationship between the SDGs Index and GNI per capita (in place of GDP per capita).

5.2. Relationship between the SDGs Index and the GNI per capita

A cross-sectional regression analysis was conducted using a sample of 113 countries, with GNI per capita, the dependent variable, and the SDGs Index, the autonomous variable. The SDGs Index was chosen as a possible benchmark for the SDGs bonds because it is the ultimate indicator of performance for the SDGs, while GNI per capita was chosen based on data availability and because it reflects better the wellbeing of an economy than GDP per capita. All variable are expressed in natural logs.

The following model will be used:

$$\text{Log}(GNI_{percapita}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Log}(SDG_{index}) + e$$

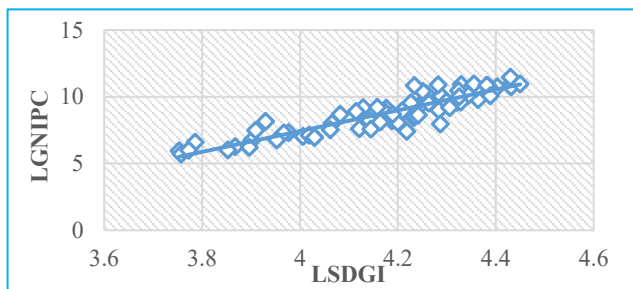


Figure 4: Relationship between GNI per capita (LGNIPC) and the SDGs Index (LSDGI)

Table 2: Regression of GNI per capita on SDGs Index

Exogenous Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LSDGI	5.49	0.260605	21.07	0.00
C	-13.63	1.059551	-12.86	0.00
R-squared	0.80	Mean dependent var		8.66
Adjusted R-squared	0.80	S.D. dependent var		1.58
S.E. of regression	0.71	Akaike info criterion		2.17
Sum squared resid	56.06	Schwarz criterion		2.22
Log likelihood	-120.74	Hannan-Quinn criter.		2.19
F-statistic	444.10	Durbin-Watson stat		2.05
Prob(F-statistic)	0.00			

The scatterplot suggests in Figure 4 the existence of a positive relationship between the SDGs Index and GNI per capita. This relationship is confirmed by the regression results, which are given in Table 2.

The coefficient of the log of SDGs index is positive.

Based on the t-statistic ($21.07 > 2$) and the p-value ($0 < 5\%$), the coefficients are also significantly different from zero. Thus, we reject the null hypothesis. The R-squared shows that the SDGs Index explains more than 80% of the variation in GNI per capita. Therefore, there is a positive relationship between the SDGs Index and GNI per capita.

However, given that other factors also affect GNI per capita, we redefine the relationship by adding the primary income receipts and primary income payments as control variables to verify the robustness of the findings.

5.2.1. Test of robustness using control variables

GNI is the sum total of income earned by the factors of production resident in an economy. Regardless of where the factors of production are hired, the focus is on the primary distribution of income and on the productive activities undertaken by factors worldwide (Capelli & Vaggi, 2013). It is given by: $GNI = GDP + NPI$. Which implies that: $GNI = GDP + PIP - PIR$, where NPI is net primary income, defined as the difference between primary income payments (PIP) and primary income receipts (PIR).

We use primary income payments (PIP) and primary income receipts (PIR) as control variables to verify if the relationship between the SDGs index and the GNI per capita still holds. All variables are expressed in natural logarithms. The new equation becomes:

$$\text{Log}(GNI_{percapita}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Log}(SDG_{index}) + \beta_2 PIP_{percapita} + \beta_3 PIR_{percapita} + e$$

where $\text{Log}(GNI_{percapita})$ is the natural log of gross domestic income per capita, $\text{Log}(SDG_{index})$ the natural log of the SDGs index, $PIP_{percapita}$ the primary income payment per capita, and $PIR_{percapita}$ the primary income receipts per capita. Table 3 gives us the regression results.

5.2.2. Interpretation of results

The coefficients of the log of SDGs index are positive. Based on the t-statistic ($5.65 > 2$) and the p-value ($0 < 5\%$), the coefficients are also significant. Thus, we reject the null hypothesis because the coefficients are significantly different from zero. The R-squared shows that the combined variables explain more than 89% of the variation in GNI per capita. Thus, there is a positive relationship between the SDGs Index and GNI per capita.

The regression results shown in Table 3 indicate that there is a possible positive relationship between GNI per capita and the SDGs Index. The SDGs Index, which measures progress on the achievement of SDGs, could be

a better Index to which the SDGs index could be linked. However, we cannot confirm with all certitude the robustness of the relationship, which will require further testing.

Table 3: Regression of GNI per capita on SDGs Index

Exogenous Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LSDGI	2.09	0.37	5.65	0.00
LPIPPERCAPITA	0.22	0.06	3.92	0.00
LPIRPERCAPITA	0.19	0.04	4.99	0.00
C	-1.87	1.34	-1.39	0.17
R-squared	0.90	Mean dependent var		8.75
Adjusted R-squared	0.90	S.D. dependent var		1.52
S.E. of regression	0.49	Akaike info criterion		1.45
Sum squared resid	27.35	Schwarz criterion		1.55
Log likelihood	-80.98	Hannan-Quinn criter.		1.49
F-statistic	332.31	Durbin-Watson stat		2.05

6. Recommendations and Conclusion

This section provides some specific recommendations for improving the impact of SDGs bonds.

6.1. Toward the improved sustainability impact of SDGs bonds

Investments in the SDGs bonds fall within the framework of impact investing, which is motivated by the desire to achieve a measurable social and environmental reward alongside a financial return (CA & GIIN 2015). SDGs' impact can be improved by: (1) linking SDGs bonds to the SDGs Index, as evidenced by its strong correlation with GNI per capita; (2) issuing SDGs bonds for specific geographic settings (country or region) and specific thematic areas (SDGs 1, SDGs 2, and so on); and (3) enhancing statistical capacity and establishing corporate SDGs partnerships.

On linking SDGs bonds to the SDGs Index: The SDGs Index has a strong positive correlation with GNI per capita (Table 5). The advantage of using the SDGs Index as a benchmark index for SDGs bonds is that it captures SDGs performance, since it is built from the SDGs indicators of progress. The issuers of these bonds could be financial institutions or governments.

A mathematical formulation for the construction of the SDGs index is as follows:

$Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * SDGindex_t / SDGindex_0$, for coupons linked to index development. And $Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * SDGindex_t / SDGindex_{t-1}$, for coupons linked to periodic index change.

Other features such as embedded options, redemption clauses and guarantees may be applied to render the bonds more attractive, as suggested by Schroder et al. (2004).

Table 4 gives a comparison between the SDGs Index and the Solactive Index.

Table 4: Comparison of the SDGs Index and the Solactive SDGs Index

Features	SDSN SDGs Index	Solactive SDGs Index
1. Composition	A summary of all SDGs indicators	Company stock prices for fifty companies adjusted periodically
2. Type of index	Behavior and outcome based	Behavior based
3. Type of bond issue	Medium to long maturities bonds. SDGs reporting is relatively long, could be annually	Short to long term maturities, Solactive index reporting can be obtained on a daily basis
4. Reporting instance	Country reporting	Company reporting
5. Thematic reporting	Yes. SDGs Indicator is available for specific SDGs goals or targets	No.
6. Volatility filter	No	Yes
7. Geographic coverage	Almost all countries have SDGs reporting systems in place	Limited coverage. 50 companies are selected from three Regions: Europe, North America, Asia Pacific.

Source: Author's compilation

On thematic specification and geographic targeting of SDGs bonds: Although general purpose bonds are good, it would be better for corporate SDGs bonds to be issued for specific SDGs (or thematic issues) and to target specific geographical settings (region or country). This is because the relevance of the SDGs, the baselines and pace of progress for each target vary from one country or region to another (UN 2015b)¹⁰. For instance, Goal 2 (End hunger, achieve food security and improved nutrition, and promote sustainable agriculture) does not have the same significance for a country like Switzerland which has Global Food Security Index (GFSI)¹¹ of 81.6 on a scale of 100, as it

vulnerability of countries to food insecurity. It is designed by the

¹⁰ UN (2015b) op. cit. para. 54

¹¹ The Global Food Safety Initiative (GFSI) assesses the

would have for a country like Guinea with a GFSI of 34 (The Economist 2017). Even for equally relevant SDGs and targets, the baselines as well as the pace of progress achieved would vary across countries and regions as given in the SDGs Index and Dashboards published annually by the Bertelsmann Stiftung and SDSN (2016). A mathematical formulation for the returns of an SDGs bond that targets the SDG 1 would be as follows:

$Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * SDG1_t / SDG1_0$, for coupons linked to index development. And

$Coupon_t = Fixed\ Coupon_t * SDG1_t / SDG1_{t-1}$, for coupons linked to periodic index change.

Embedded options, redemption clauses and guarantees may equally be applied to render the bonds more attractive, as suggested by Schroder et al. (2004).

On statistical capacity building and corporate SDGs partnerships and alliances. Statistical capacity building is needed to improve the quality of SDGs reporting (Bertelsmann Stiftung and SDSN 2016 & 2017). There is need to enhance statistical capacity for the collection and compilation of data on sustainable development goals. Many countries which do not report SDGs indicators, and which by that fact are not available in the SDSN database, do not yet have statistical systems in place for tracking the SDGs progress. Finally, corporations working on specific thematic areas can create learning alliances where they share knowledge about the experiences in designing and implementing SDG-related interventions (UNCTAD 2014 and UN 2015a).

6.2. Conclusion

The investment needs of the SDGs are substantial. Corporate interest in SDGs is laudable, as official financing flows are now stretched. SDGs bonds have registered great successes in recent months. There is a need to improve on their design to ensure that their benchmarks are sensitive to sustainable development performance. The SDGs Index developed by the Sustainable Development Solutions Network (SDSN) is a good starting point. By linking SDGs bonds to this index, bond prices and coupon payments are directly linked to SDGs performance.

More work needs to be done to support countries in putting in place statistical systems to report on SDGs and to improve on their SDGs reporting. For those countries that do not yet have SDGs reporting systems in place, the SDGs indexes of countries with comparable levels of development

as judged by their GNI per capita can be used as SDGs bond benchmarks.

References

1. Abu Dhabi Securities Exchange (2014), Reasons of Fluctuations in Stock Prices, https://www.adx.ae/DocumentCenter/adxdocs/Reasons_Fluctuation.pdf
2. Arrow, K. J., Chenery H. B., Minhas, B. S., Solow, R. M. (1961), Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 43, No. 3 (Aug., 1961), pp. 225-250.
3. Barneto, P. and Georges, G. (2007), *Finance: Manuel et Applications*, Paris, Dunod.
4. Bertelsmann Stiftung and SDSN (2016), SDGs Index and Dashboard: A Global Report, <https://www.weforum.org/agenda/2017/03/countries-achieving-un-sustainable-development-goals-fastes/>
5. Bertelsmann Stiftung and SDSN (2017), SDGs Index and Dashboard Report 2017: Global Responsibilities – International Spillovers in Achieving the Goals, <http://www.sdgindex.org/assets/files/2017/2017-SDGs-Index-and-Dashboards-Report--full.pdf>.
6. BRÄUTIGAM, D. (2010), China, Africa and the International Aid Architecture, *Working Paper*, Tunis, African Development Bank.
7. Capelli, C. and Vaggi, G. (2013), A better indicator of standards of living: The Gross National Disposable Income, *Working paper*, Università di Pavia, December 2013.
8. CFA Institute (2017), *Equity and Fixed Income*, Charlottesville, Wiley.
9. Chrysovalantis, G., Iftexhar, H. and Fotios, P. (2013), *Efficiency and stock returns: Evidence from the insurance industry*, New York, Springer Science Business Media.
10. Cortez, M. A. and Cudia, C. P. (2010), The impact of environmental innovations on financial performance: The case of Japanese automotive and electronics companies, *Journal of International Business Research*, Volume 9, Issue Sl. 1, March 2010, <https://www.questia.com/library/journal/1G1-246450113/the-impact-of-environmental-innovations-on-financial>.

Economist Intelligence Unit using a dynamic quantitative and qualitative benchmarking model that measures drivers of food

security across 113 countries. Read more at: <https://www.mygfsi.com/about-us/about-gfsi/what-is-gfsi.html>.

11. Delmon, J. (2011), *Public-Private Partnership in Infrastructure: An Essential Guide for Policy Makers*, New York, Cambridge University Press.
12. Douma, K., Scott, L. and Bulzomi, A. (2017), *The SDGs Investment Case, Principles for Responsible Investments*: <https://www.unpri.org/about/sustainable-development-goals>.
13. Edouard, L. and Bernstein, S. (2016), *Challenges for Measuring Progress towards the Sustainable Development Goals*, *African Journal of Reproductive Health*, suppl. Special Edition on SDGs; Benin City Vol. 20, Iss. 3, (Sep 2016): 45-54.
14. *Financial Times* (2018), *Is Warren Buffett's Apple Inc. bet a value trap?* <https://www.ft.com/content/7ab13cfc-5358-11e8-b24e-cad6aa67e23e>.
15. Frijns, B., Margaritis, D., Psillaki, M., (2012), *Firm efficiency and stock returns*, *Journal of Productivity Analysis*, Volume 37, Issue 3, pp 295–306.
16. HSBC (2017), “HSBC Sustainable Development Goal (SDG) Bond Framework”, HSBC, November 2017.
17. HSBC (2017), *HSBC issues world's first corporate sustainable development bond*, Press Release of November 23, 2017.
18. Kruse, S. (2009), *On the Pricing of Inflation-Indexed Caplets*, AFIR Colloquium 2009 Munich, September 8-11, 2009.
19. Nakamura, E. (2011), *Does environmental investment really contribute to firm performance? An empirical analysis using Japanese firms*, *Eurasian Business Review*, Heidelberg.
20. OECD (2011), *Outcome Document of the Fourth High-Level Meeting on Aid Effectiveness*, <https://www.oecd.org/development/effectiveness/49650173.pdf>.
21. OECD (2017), *Development Aid Rises*, Paris, OECD Publishing, <https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/development-finance-data/ODA-2016-detailed-summary.pdf>.
22. OECD, PRI (2007), *The UN Principles for Responsible Investment and the OECD Guidelines for Multinational Enterprises: Complementarities and Distinctive Contributions*, Paris, OECD Publishing.
23. Ratemo R. M. (2015), *The relationship between stock prices and company performance of firms listed at Nairobi securities exchange that engage in sustainability reporting*, Master Thesis, University of Nairobi School of Business.
24. Solactive (2017), *Guideline: Sustainable Development Goals World MV Index*, Solactive, version 3.0.
25. Solactive (2018), *About Us*, <https://www.solactive.com/about-us/>
26. *The Economist* (2017), *Global Food Security Index 2017: Measuring Food Security and the Impact of Resource Risks*, <http://foodsecurityindex.eiu.com/>
27. World Bank (2017), *Bonds for Sustainable Development: An Overview*, <http://treasury.worldbank.org/cmd/pdf/IBRDInvestorPresentation.pdf>
28. UN (2015a), *Addis Ababa Action Agenda of the Third International Conference on Financing for Development (Addis Ababa Action Agenda): The final text of the outcome document adopted at the Third International Conference on Financing for Development (Addis Ababa, Ethiopia, 13–16 July 2015) and endorsed by the General Assembly in its resolution 69/313 of 27 July 2015*, http://www.un.org/esa/ffd/wp-content/uploads/2015/08/AAAA_Outcome.pdf
29. UN (2015b), *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, (New York: United Nations).
30. UNDP (2015), *Technical notes - Human Development Reports*, as cited by Bertelsmann Stiftung and SDSN (2017). http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2015_technical_notes.pdf.
31. UNCTAD (2014), *Investing in the SDGs: An Action Plan*, New York-Geneva, United Nations, http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2014_en.pdf.
32. UNCTAD (2017), *Investment and the Digital Economy*, New York-Geneva: United Nations, http://unctad.org/en/PublicationChapters/wir2017_KeyMessage_en.pdf.
33. World Bank (2018), *World Bank Sustainable Development Bond Raises Awareness for Women and Girls' Empowerment*, <http://treasury.worldbank.org/cmd/htm/World-Bank-Sustainable-Development-Bond-Raises-Awareness-for-Women-and-Girls-Empowerment.html>

<査読論文 2018年10月18日採択>

持続可能な開発目標推進企業の株価に連動する世銀債の価値分析

An Analysis of Notes Linked to the Solactive Sustainable Development Goals world RC EUR Index issued by the World Bank

森平 爽一郎

(慶應義塾大学 名誉教授)

伊藤 晴祥

(国際大学 大学院国際経営学研究所 准教授)

小林 弘樹

Soichiro Moridaira

Professor Emeritus
Keio University

Haruyoshi Ito

Associate Professor of Finance
Graduate School of International Management
International University of Japan

Hiroki Kobayashi

要約 2015年9月25日から27日にニューヨーク国連本部にて開催された国連持続可能な開発サミット内にて、「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ」が採択された。このアジェンダの中では、17の目標と169のターゲットからなる「持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)」が掲げられている。以上のSDGsの取り組みを推進するため、世界銀行が発行体、BNP Paribasが主幹事となり、SDGsを推進する企業からなる株価指数に連動する債券の発行を行った。本研究では、上記のSDGs推進企業株価に連動し、かつそのオプションと考えることができる世銀債 (SDGs世銀債) の価値評価について考察する。分析の結果、15年満期のSDGs世銀債の価値が、額面100に対して、91.02、20年満期のSDGs世銀債の価値が86.90となり、発行体が投資家から利益を得ている債券であることが理解される。さらに、SDGs世銀債の場合、SDGs推進を目的とした資金調達をするために、このような仕組み債を発行してその利回りや額面償還額をSDGs指数に連動させることは、必ずしもSDGsに資する活動を推進するような誘引を有するものではないと考えられる。日本版SDGs債の発行の際には、債券のペイオフが企業業績や企業のSDGsへの貢献度などと連動するようなスキームが必要であろう。

キーワード：世銀債、SDGs、ESG、モンテカルロシミュレーション、GMM、CEV、金利リスク

1. はじめに

2015年9月25日から27日にニューヨーク国連本部にて開催された国連持続可能な開発サミット内にて、「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ」が採択された。このアジェンダの中では、17の目標と169のターゲットからなる「持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals,

SDGs)」が掲げられている。17の目標には、クリーンエネルギーの追求、働きがいと経済成長の追求、住み続けられる街づくり、海や陸の環境への配慮、気候変動に対する具体的な行動などが含まれており、以上のような社会や環境問題の解決が目指されている。SDGsの取り組みを推進するため、世界銀行が発行体、BNP Paribasが主幹事となり、SDGsを推進する企業

からなる株価指数に連動する債券の発行を行った¹。当該債券の償還額あるいはクーポン(利息)は、ドイツの Solactive 社が計算した Solactive SDG 世界株価指数と連動をしている。Solactive SDG 世界株価指数(Solactive Sustainable Development Goals World Index)は、Solactive 社が Vigeo Eiris 社²の ESG 調査データに基づいて設計した指数であり、ESG、SDGs、財務基準などによって選定された 50 社で構成されている。構成銘柄の 50 社は、少なくとも 20%の事業が SDGs に関連して社会・環境問題の解決に資するものであることが求められている。また、SDGs に関連した社会貢献が十分かどうかに加えて、指数のボラティリティーを抑えるなどの財務条件などが加味されている。

本研究では、上記の SDGs 推進企業株価に連動する世銀債(以下 SDGs 世銀債)の価値評価について考察し、日本版 SDGs 債の発行に向けた提案を行うことを目的とする。

2. SDGs 世銀債の概要

世界銀行が発行した SDGs 世銀債は 15 年債及び 20 年債の 2 種類がある。15 年債の概要は表 1、20 年債の概要は以下の表 2 の通りである。

いずれの債券も Solactive Sustainable Development Goals World RC 8 EUR Index (以下 SOGOALEU 指数)にキャッシュフローが連動するタイプのものである。15 年債は 15 年間クーポンが 0 の割引債であり、満期に、指数に連動したクーポンと額面が償還される。SDGs20 年債は、最初の 10 年間は 1.2%の固定クーポンが支払われ、後半の 10 年間は、5 年目と 10 年目の指数に連動したクーポンが支払われる。いずれの債券も指数に連動しているが、変動金利部分は指数を原資産とする算術平均(アジア)あるいは最大オプションの形を取っている。詳細は 4 節にて議論する。

また、いずれの債券も額面発行されている。この価格が公正な価値(Fair Value)であるかどうかについて、本研究にて検証する。

表 1: SDGs 15 年債の概要

発行体	世界銀行(国際復興開発銀行、IBRD)
発行体格付け	Aaa / AAA (Moody's / S&P)
発行金額	106.8 百万ユーロ
決済日	2017 年 3 月 21 日
年限	15 年
参照インデックス	Solactive Sustainable Development Goals World RC 8 EUR Index (SOGOALEU)
クーポン	なし
満期日	2032 年 3 月 22 日
発行価格	100%
券面	EUR 100,000
償還価格	券面 100%にインデックスパフォーマンスを加重した価格
インデックスパフォーマンス	$\text{Average Index Return} \times \text{連動率}$ (但し 0%は下回らない) 連動率 = 100% $\text{Average Index Return} = [\text{Average Index Level} - \text{Initial Index Level}] / \text{Initial Index Level}$ $\text{Average Index Level} = 10 \text{ 年後および以降満期日(15 年後)までの毎年の観測日(計 6 回)における参照インデックスの引け値の平均値}$ $\text{Initial Index Level} = \text{決済日及び以降 6 か月後までの毎月の観測日(計 7 回)における参照インデックスの引け値の最小値}$
ISIN	XS1579356079
上場市場	Luxembourg Stock Exchange
クリアリング	Euroclear / Clearstream
主幹事	BNP Paribas

注: BNP Paribas ホームページから引用
<http://www.bnpparibas.jp/jp/2017/03/09/world-bank-launches-financial-instrument-expand-funding-sustainable-development-goals/>

1 BNP Paribas のニュース&プレスリリースから引用
<http://www.bnpparibas.jp/jp/2017/03/09/world-bank-launches-financial-instrument-expand-funding-sustainable-development-goals/>

goals/
 2 Environment, Social, and Governance (ESG) 調査会社大手

表 2: SDGs 20 年債の概要

発行体	世界銀行 (国際復興開発銀行、IBRD)
発行体格付け	Aaa / AAA (Moody's / S&P)
発行金額	56.8 百万ユーロ
決済日	2017 年 3 月 21 日
年限	20 年
参照 インデックス	Solactive Sustainable Development Goals World RC 8 EUR Index (SOGOALEU)
クーポン	1-10 年: 固定 1.2% (年率) 11-20 年: インデックスリンク クーポン
満期日	2037 年 3 月 23 日
発行価格	100%
券面	EUR 100,000
償還価格	券面 100%
インデックス リンククーポン	Average Index Return × 連動率 (但し 0%は下回らない) 連動率 = 10% Average Index Return = [Maximum Index Level – Initial Index Level] / Initial Index Level Maximum Index Level = 5 年後およ び 10 年の参照日(2 回)における参 照インデックスの引け値の <u>高い方</u> Initial Index Level = 決済日及び以 降 5 か月後までの毎月の観測日 (計 6 回)における参照インデック スの引け値の <u>平均値</u>
ISIN	XS1579354611
上場市場	Luxembourg Stock Exchange
クリアリング	Euroclear / Clearstream
主幹事	BNP Paribas

注: BNP Paribas ホームページから引用
<http://www.bnpparibas.jp/jp/2017/03/09/world-bank-launches-financial-instrument-expand-funding-sustainable-development-goals/>

3. 指数と金利の確率過程とその推定

本節では、SDGs 世銀債の価値評価に当たり、SOGOALEU 指数と金利についての確率過程につい

て説明する。

3.1 SOGOALEU 指数の確率過程

まず SDGs 世銀債の原資産となっている SOGOALEU について検討する。2001 年 1 月 2 日から 2017 年 8 月 27 日までのデータを利用して SOGOALEU 指数の日次収益率を計算する。その記述統計量は表 3 の通りである。また National Bureau of Economic Research (NBER) の報告書³に従い、2007 年 12 月から 2009 年 6 月までを不況期 (リーマンショックによる不況期間) とし、不況期とそれ以外の期間 (以下通常期) で SOGOALEU 指数の振る舞いがどのように異なるか分析を行う。

表 3: SOGOALEU 指数 日次収益率の記述統計量

	全期間	通常期	不況期	通常 - 不況
平均	0.01%*	0.02%	-0.04%**	**
中央値	0.04%***	0.05%***	-0.01%	**
最小値	-3.09%	-3.09%	-2.10%	
最大値	2.17%	2.01%	2.17%	
標準偏差	0.49%	0.49%	0.51%	
歪度	-0.49	-0.51	-0.32	
尖度	5.13	5.15	4.98	
JB	967.62	905.79	72.64	
p (JB)	0.00	0.00	0.00	

注: ***, **, *は、それぞれ、1%、5%、10%有意水準を示す。通常-不況の列は、通常期 (2001 年 1 月~2007 年 5 月と 2009 年 7 月~2017 年 8 月) と不況期 (2007 年 12 月~2009 年 6 月)における平均と中央値の差異の有意水準を示している。JB は、Jarque-Bera 統計量、p (PB)は Jarque-Bera 統計量の p 値を示している。

表 3 の通り、いずれの期間においても日次収益率の分布は尖度が 3 以上で正規分布よりも尖った形状をしている。歪度はマイナスであり、やや左裾が長い分布となっている。Jarque-Bera 検定の結果、正規性の仮定は棄却されている。また通常期と不況期を比較すると、平均及び中央値の双方において通常期の方が約 0.06%リターンが高く、不況期と通常期ではリターンに大きな差があることが理解される。

以上から、当該指数のモデル化をする場合には、収益率に正規分布、つまり価格指数が対数正規分布に従うと仮定することは妥当ではない。

そのため、本研究では (3.1) 式のような Cox and Ross (1976) による CEV (Constant Elasticity of

3 Business Cycle Dating Committee, National Bureau of Economic Research が 2010 年 9 月 20 日に発表

<http://www.nber.org/cycles/sept2010.html> から引用。

Variance) モデルを利用して SOGOALEU 指数の不確実性を表現する。

$$d\tilde{I}_t = \mu I_t dt + \sigma_I I_t^\gamma d\tilde{W}_{I,t}^P \quad (3.1)$$

ここで、上付き文字の P は、実確率過程下での確率変数を意味する。 I_t は t 期の SDGs 指数、 μ はドリフト (成長率を示す)、 γ は株価指数のボラティリティの弾力性の大きさを示している⁴。弾力性 γ は指数の確率分布を決定するパラメータでもある。 $\gamma=0$ であれば右辺の指数は正規分布、 $\gamma=1$ であれば対数正規分布、 $\gamma=1/2$ であれば非心カイ二乗分布、いわゆる CIR モデル (Cox, Ingersoll, and Ross 1985) を意味する。 $\sigma_I I_t^\gamma$ によって対数正規分布以外の確率分布をモデル化することができる。つまり、パラメータ γ は実データに最も適合するような確率分布を規定する。その値は最尤法などの統計手法で推定できるが本研究では、誤差項に特定の分布を仮定しない一般化モーメント法 (GMM) により推計を行う。

実際のパラメータ推定とモンテカルロシミュレーションの実行には、(3.1) 式を離散化した (3.2) 式を利用する。

$$\Delta\tilde{I}_t = \mu I_t \Delta t + \sigma_I I_t^\gamma \Delta\tilde{W}_t^P \quad (3.2)$$

where $\Delta\tilde{I}_t = \tilde{I}_{t+1} - I_t$, $\Delta\tilde{W}_t^P = \tilde{\varepsilon}_{I,t}^P \sqrt{\Delta t}$, $\tilde{\varepsilon}_{I,t}^P \sim N(0,1)$

操作変数として $I_{t-1}, I_{t-2}, I_{t-3}$ と定数項を用いた時の GMM によるパラメータの推定結果は、表 4 の通りである。

表 4 の通り、通常期と不況期で推計されたパラメータ値は大きく異なる。通常期には指数が年率 7.63% で上昇傾向にあるにも関わらず、不況期には統計的には有意ではないがマイナスの傾向となる。

また、不況期では γ が 1 を超える $\gamma=2.14$ という高い値を示す。このことは、指数が上昇 (下落) するとそのボラティリティが高く (低く) なることを示している。 γ が 1 を超えることはコモディティ (商品) 市場ではよく観察されているが、株式の場合は、通常 $\gamma < 1$ である。不況期以外では、 γ は 0.82 から 0.88 であり、分布の中央値が、 $\gamma=1$ のときよりも右側に位置し、かつ指数の値が高い時のボラティリティが小さい傾向があることがわかる。

ボラティリティ σ_I は、不況期を除くとおおよそ 14% から 18% 程度であり、通常株価指数のボラティリティが 20% 超であることを考えると、やや低い水準である。SOGOALEU 指数がボラティリティや多角化などに一定の基準を設定し、ボラティリティが低くな

るような運用をしている結果と考えられる。

表 4: SOGOLEU 指数の分散弾力性一定 (Constant Elasticity of Volatility, CEV) 確率過程の推計結果

	全期間	通常期	不況期	不況期以降
μ	6.12%***	7.63%***	-8.40%	11.11%***
Z 統計量	3.31	3.94	-1.48	4.22
σ_I	14.82%**	13.45%**	0.07%	18.05%*
Z 統計量	2.78	2.71	0.27	1.46
γ	0.86***	0.88***	2.02**	0.82***
Z 統計量	11.30	11.35	2.47	5.90
HJ 統計量	51.45	45.45	20.09	36.89
N	4228	3826	402	2054

注: ***, **, * は、それぞれ、1%、5%、10% 有意水準を示す。表中において全期間は、2001 年 1 月~2017 年 8 月、通常期は、2001 年 1 月~2007 年 5 月と 2009 年 7 月~2017 年 8 月、不況期は、2007 年 12 月~2009 年 6 月、不況期以降は、2009 年 7 月~2017 年 8 月を示す。表の値は、 $\tilde{I}_{t+1} = I_t + \mu I_t \Delta t + \sigma_I I_t^\gamma \Delta\tilde{W}_t$, $\Delta\tilde{W}_t = \tilde{\varepsilon} \sqrt{\Delta t}$, $\tilde{\varepsilon} \sim N(0,1)$ におけるパラメータの推計値である。推計は GMM により行う。ボラティリティ σ の推定に当たっては、それが負にならないような変化 $\sigma = \exp(\theta)$ としてパラメータ θ 推定を行うことで非負の σ を得た。またその標準誤差は Delta 法によって求めた。HJ 統計量は Hansen の J 統計量を示している。

3.2 金利 (ユーロ LIBOR) の確率過程

続いて割引率及びリスク中立確率過程下での SOGOALEU 指数のドリフトである金利の確率過程に関して検討する。我々は短期無リスク金利の代理指標として、3 か月物のユーロ LIBOR を用いる。SOGOALEU 指数はユーロ建てであり、ユーロ建て指数に基づく将来キャッシュフローを割り引くためには、ユーロ建ての金利を用いるべきである。しかしながら無リスク金利として EU 加盟国のうち、どの国の国債金利を用いるべきかを決定することは困難である。そのため金融実務において無リスク金利として広く用いられている LIBOR を用いることとする⁵。

3 か月物のユーロ LIBOR (以下、ユーロ LIBOR) は、2014 年 11 月 18 日からマイナスの値を示しており、マイナス金利を許容するような金利の確率過程を考える必要がある。Chan et.al. (2006) に従い、以下の (3.3) 式により金利の不確実性を表現する。

$$d\tilde{r}_t = (\alpha + \beta r_t) dt + \sigma_r d\tilde{W}_{r,t} \quad (3.3)$$

ここで、 α と β はドリフト項を示すパラメータ、 σ_r

4 式(3.1)においてボラティリティを $v = \sigma_I I_t^\gamma$ と定義すると、その SOGOALEU 指数に関する微分は $dv/dI_t = \sigma_I \gamma I_t^{\gamma-1}$ である。両辺を v/I_t で割ると、弾力性は $dv/v/dI_t/I_t = \gamma$ となる。

5 実際は LIBOR あるいは LIBOR スワップイールドカーブを用いる。これらが国債金利よりもリスクフリーレートとして望ましいことは、Hull(2012)、第 4 章で説明されている。

は金利変化のボラティリティである。(3.3) 式を離散近似すると (3.4) 式を得る。

$$\begin{aligned} \Delta \tilde{r}_t &= (\alpha + \beta r_t) \Delta t + \sigma_r \Delta W_{r,t}^P \\ \text{where } \Delta \tilde{r}_t &= \tilde{r}_{t+1} - r_t, \\ \Delta \tilde{W}_{r,t}^P &= \tilde{\varepsilon}_{r,t}^P \sqrt{\Delta t}, \tilde{\varepsilon}_{r,t}^P \sim N(0,1) \end{aligned} \quad (3.4)$$

(3.4) 式を変形すると、金利が平均回帰し、マイナス金利を許容するような確率過程である Vasicek モデル (Vasicek 1990) が、(3.5) 式のように導かれる。

$$\Delta \tilde{r}_t = a(b - r_t) \Delta t + \sigma_r \Delta W_{r,t}^P \quad (3.5)$$

(3.4) 式と(3.5) 式を比較することにより、平均回帰への強さ a は、 $a = -\beta$ から、金利の長期平均回帰水準 b は、 $b = -\alpha/\beta$ から推定できる。操作変数を $r_{t-1}, r_{t-2}, r_{t-3}$ と定数項とした時の GMM による推定結果は表 5 に示されている。なお、指数 I_t と金利 r_t は、それらの差分 ΔI_t と Δr_t の間の相関が 0.0171 であることから、互いに独立であると仮定して (3.2) 式と (3.5) 式の推定を行う。パラメータの推計結果は、表 5 の通りである。

ユーロ LIBOR の長期平均 b はすべての期間 (2001 年 1 月 2 日から 2017 年 8 月 27 日) を利用した推計では -2.82%、金融危機時を除いた期間 (2001 年 1 月 2 日から 2007 年 11 月 30 日及び 2009 年 7 月 1 日から 2017 年 8 月 25 日) では -1.64%、金融危機後では -1.65% であり、低金利が継続する傾向にあることがわかる。

これに対し、平均回帰する「強さ」を示す a あるいは、 β は金融危機時を除くと、0.09 から 0.14 の値を示している。 a の逆数、 $1/a$ 、は平均に回帰する年数を表している。金融危機時を除けば、約 7.5 年 ($1/0.1338 \approx 7.5$) かけて長期平均 -1.64% に回帰し、金融危機時も含めた一般的な平均回帰年数は、約 11 年 ($1/0.0913 \approx 11.0$) であり、11 年かけて長期平均 -2.82% に回帰すると解釈できる。

金利変化のボラティリティ、 σ_r 、は年率で金融危機を除く期間、全期間ともに約 0.11% であるが、金融危機以降では約 0.06% と減少している。

さらに、(3.5) 式の Vasicek モデルでは、長期平均 b を一定としているが、世銀債の満期が 15 年あるいは 20 年と長期であることから、長期平均が時間とともに変化するようなモデルが現実的である。そのため、長期平均 b_t が時間に依存する Hull-White モデル (Hull and White 1990, 1994) の無裁定モデルによって分析を行う。Hull-White モデルは以下の (3.6) 式の

通りである。

$$\tilde{r}_{t+1} = r_t + a(b_t - r_t) \Delta t + \sigma_r \Delta W_{r,t} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \text{where } b_t &= \frac{\theta_t}{a}, \theta_t = f(0,t) + aF(0,t) + \frac{1}{2} \sigma_r^2 (1 - e^{-2at}) \\ f(0,t) &\equiv \partial F(0,t) / \partial t \end{aligned}$$

(3.6) 式において、 $F(0,t)$ は、時点 0 において観測されている満期が t の瞬間的なフォワード金利 (Instantaneous Forward Rate) である。すなわち、 $F(0,t)$ は将来時点 t から微小時間 dt 後にかけて支払われる金利を意味する。 $f(0,t)$ は、 $F(0,t)$ の t に関する微分であり、フォワード金利の時間変化を示す。その他のパラメータは (3.5) 式と同様である。

表 5: 無リスク金利 $\Delta \tilde{r}_t$ の確率過程

	全期間	通常期	不況期	不況期以降
α	-0.26%***	-21.92%****	-4.58%***	-16.5%***
Z 統計量	3.31	-5.94	-9.79	-7.66
$-\alpha/\beta (b)$	-2.82%***	-1.64%***	-5.36%***	-1.65%*
Z 統計量	2.78	5.75	11.21	1.64
$-\beta (a)$	9.13%***	13.38%***	85.32%***	9.98%*
Z 統計量	2.72	4.10	6.17	1.65
σ	11.05%***	10.68%***	23.45%***	6.20%***
Z 統計量	15.20	15.55	11.96	8.79
HJ 統計量	147.86	67.30	69.73	150.73
N	4228	3826	402	2054

注: ***, **, * は、それぞれ、1%、5%、10% 有意水準を示す。表中において全期間は、2001 年 1 月~2017 年 8 月、通常期は、2001 年 1 月~2007 年 5 月と 2009 年 7 月~2017 年 8 月、不況期は、2007 年 12 月~2009 年 6 月、不況期以降は、2009 年 7 月~2017 年 8 月を示す。一列目のギリシャ文字及びカッコ内のアルファベットは、 $\Delta \tilde{r}_t = (\alpha + \beta r_t) \Delta t + \sigma_r \tilde{\varepsilon}_{r,t}^P \sqrt{\Delta t}$ 及び $\Delta \tilde{r}_t = a(b - r_t) \Delta t + \sigma_r \tilde{\varepsilon}_{r,t}^P \sqrt{\Delta t}$ $\tilde{\varepsilon}_{r,t+1}^P \sim N(0,1)$ におけるパラメータである。これらパラメータの推計は操作変数を $r_{t-1}, r_{t-2}, r_{t-3}$ と定数項とした時の GMM により行う。長期平均 b の水準は、 $b = -\alpha/\beta$ またその標準誤差はこの式に対して Delta 法を適用することによって求める。パラメータの推定結果は年率で示されている。HJ 統計量は Hansen の J 統計量を示している

(3.6) 式を利用してモンテカルロシミュレーションを実行するに当たり、瞬間的なフォワード金利曲線を推計することが必要となるが、欧州中央銀行が発表をしている⁶、ユーロ圏の AAA 債価格から推計された債券のみを利用して推計したフォワードレートカーブ及びスポットレートカーブが利用可能である。

6 欧州中央銀行のホームページ (https://www.ecb.europa.eu/stats/financial_markets_and_interest_rates/euro_area_yield_curves/html/index.en.html) から、2004 年 9 月以降の欧州圏で取引されている全債券及び AAA 格

れた瞬間的なフォワード金利曲線を利用する。欧州中央銀行のテクニカルノート⁷によれば、このフォワード金利曲線は Svensson (1994) に従い、次の (3.7) 式を利用して推計されている。

$$F(0,t) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{t}{\tau_1} \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + \beta_3 \frac{t}{\tau_2} \exp\left(\frac{-t}{\tau_2}\right) \quad (3.7)$$

(3.7) 式における右辺第1項は、定数項であり、長期的にフォワード金利が回帰する水準である。満期 t が無限大に近づくと、 $F(0,t) = \beta_0$ となる。第2項は、短期のフォワード金利曲線の形状を表現する。満期 t が0に近づくと、 $F(0,t) = \beta_0 + \beta_1$ となる。第3項は、フォワード金利曲線の曲率、換言すれば、中期のフォワード金利曲線の形状を示している。既述の通り、満期 t が0あるいは無限大に近づくと0になる。以上の3項のみによりフォワード金利曲線を表現するモデルが Nelson-Siegel モデル (Nelson and Siegel 1987) であるが、フォワード金利曲線へのフィッティングとモデルの柔軟性を高めるために、Svensson モデルは、第4項を追加している。第4項は、第3項と同様に、別のパラメータ (β_3, τ_2) を利用して、フォワード金利曲線の曲率あるいは、中期のフォワード金利曲線の形状を表現している。

(3.7) 式における6つのパラメータ、 $\tau_1, \tau_2, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ については、欧州中央銀行が AAA 格の EU 加盟国債データを利用して毎日計算しており、ホームページから過去のパラメータを調べることができる。本研究では、世銀債の発行日である、2017年3月21日時点のパラメータを利用して分析を行う。このパラメータは、表6の通りである。また、このパラメータを利用して描いたフォワードレートカーブは図1の通りである。

(3.6) 式を利用してモンテカルロシミュレーションを行うためには、 $f(0,t)$ の計算が必要であるが、(3.7) 式を t について偏微分することにより、 $f(0,t)$ は、(3.8) 式の通りに与えられる。

$$f(0,t) = \frac{\partial F(0,t)}{\partial t} = -\beta_1 \frac{1}{\tau_1} \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{1}{\tau_1} \left(1 - \frac{t}{\tau_1}\right) \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + \beta_3 \frac{1}{\tau_2} \left(1 - \frac{t}{\tau_2}\right) \exp\left(\frac{-t}{\tau_2}\right) \quad (3.8)$$

以上の (3.7) 式、(3.8) 式及び表6のパラメータを式 (3.6) に代入することにより、時間に依存する長期平均 b_t を計算することができる。SDGs 世銀債発行時点 (2017年3月21日) を $t = 0$ として、SDGs20年債の満期時点 (2037年3月22日) である $t = 5,219$ 日目までの長期平均は図2に示されている。

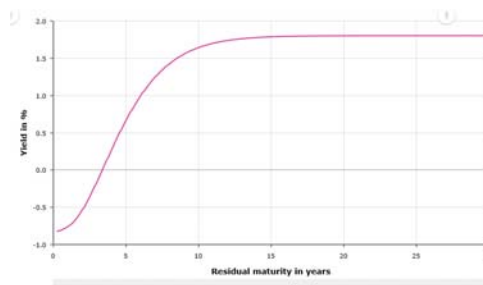


図1: 世銀債発行時点(2017年3月21日)のフォワード金利曲線

注: 欧州中央銀行のホームページから引用。図において縦軸はフォワード金利、横軸は、満期を示している。

表6: 世銀債発行時点(2017年3月21日)の Svensson モデルにおけるフォワードレートカーブパラメータ

パラメータ	推計値
β_0	1.801459
β_1	-2.653459
β_2	11.878117
β_3	-16.031676
τ_1	1.520035
τ_2	1.701438

注: 欧州中央銀行のホームページから引用。

表のパラメータは、Svensson モデル (Svensson 1994)、

$$F(0,t) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{t}{\tau_1} \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + \beta_3 \frac{t}{\tau_2} \exp\left(\frac{-t}{\tau_2}\right)$$

におけるパラメータの推計値である。

図2の通り、長期平均 b_t は SDGs 世銀債発行時点においては 0.655%、20年債の満期時点では 1.813% となる。長期平均 b_t が一度減少して $b_t = -0.047\%$ 、 $t = 107$ 日目に底を打ち、再び上昇し $b_t = 4.885\%$ 、 $t = 1,031$ 日目に最大となった後、「長期的な」長期平均である、1.813%へ近づく。(3.6)、(3.7) 及び (3.8) 式から、 t が無限大に近づくと $b_t = \beta_0$ となり表6の通り $\beta_0 = 1.801\%$ に、長期平均が近付くためである。また、一度減少してから再び上昇するのは、曲率を示す (3.8) 式における第2項と第3項の影響である。表6

7 欧州中央銀行のホームページから利用可能である。
[https://www.ecb.europa.eu/stats/financial_markets_and_interest](https://www.ecb.europa.eu/stats/financial_markets_and_interest_rates/euro_area_yield_curves/html/technical_notes.pdf)

[_rates/euro_area_yield_curves/html/technical_notes.pdf](https://www.ecb.europa.eu/stats/financial_markets_and_interest_rates/euro_area_yield_curves/html/technical_notes.pdf)

から β_3 がマイナスでその絶対値が β_2 よりも大きい
ため、最初はフォワードレートが t の増加に伴い減少
するが、 τ_2 が τ_1 よりも大きいため、第3項の影響が低
減する (decay) スピードが第2項よりもはよくなる
ため、その後上昇に転じていると考えられる。いずれ
のパラメータも市場で観測された債券価格をもとに
推計された値であるため、金利の不確実性が Hull-
White モデルにより表現できるとすれば、市場参加者
は、マイナス金利がしばらくは継続するが、長期的に
は続かないと考えていると解釈できる。

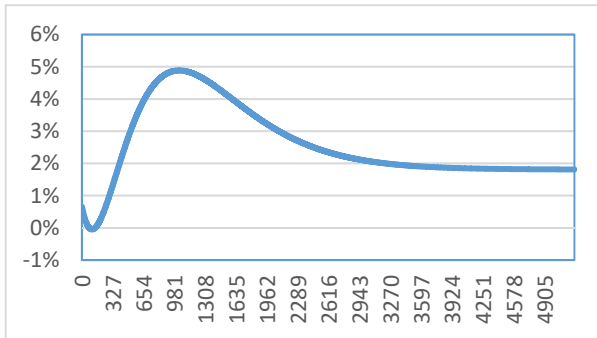


図2: 時間に依存する金利の長期平均 b_t の推移

注: 図において縦軸は長期平均 b_t の水準、横軸は時間 t
(単位: 日)、を示している。

3.3 リスク中立確率過程

前節では、モデルのパラメータ推計のため、実確率
測度下でモデルを表現しているが、本節では債券評
価のため、リスク中立確率過程下でモデルを表現す
る。SOGOALEU 指数のリスク中立確率過程は (3.9)
式のように表現できる。

$$\tilde{I}_{t+1} = I_t + r_t I_t \Delta t + \sigma_I I_t^\gamma \Delta \tilde{W}_t^Q \quad (3.9)$$

$$\text{where } \Delta \tilde{W}_t^Q = \tilde{\varepsilon}_{r,t}^Q \sqrt{\Delta t}, \quad \tilde{\varepsilon}_{r,t}^Q \sim N(0,1)$$

(3.9) 式において上付き文字の Q は、リスク中立確
率過程に従うブラウン運動であることを示す。 r_t は、
 t 時点において観測された短期無リスク金利であり、
本研究ではユーロ LIBOR を利用し、(3.6) 式から与え
られる。また、Girsanov の定理から、実確率測度から
リスク中立確率測度へ変換しても、ドリフト項は変
化するが、確率変数のボラティリティは変化しない
ため (Hull 2012)、 σ_I 及び γ については、(3.2) 式ある
いは表4と同じパラメータを利用する。

続いて、金利のリスク中立確率過程は、(3.10) 式の
ように与えられる。

$$\tilde{r}_{t+1} = r_t + a(b_t^* - r_t) \Delta t + \sigma_r \Delta W_{r,t}^Q \quad (3.10)$$

$$\text{where } b_t^* = b_t - \lambda_r \sigma_r / a$$

$$\Delta \tilde{W}_{r,t}^Q = \tilde{\varepsilon}_{r,t}^Q \sqrt{\Delta t}, \quad \tilde{\varepsilon}_{r,t}^Q \sim N(0,1)$$

(3.10) 式において、上付きの Q は、リスク中立確
率過程に従うブラウン運動を示す。 b_t^* は、リスク中
立確率過程下での金利の長期平均である。 λ_r は、金利
の市場リスク価格 (投資家のリスク回避度) である。
投資家がリスク回避的であればあるほど、負の値に
なる。つまり、よりリスク回避的な投資家は、 b_t^* がよ
り小さい値となり、金利の長期平均を高く見積もる
ため、結果として債券価格が低くなる。Ahmed and
Wilmott (2007)によれば、 λ_r の平均は -1.2 である。 λ_r
は、日々変化しており、長期的には -20 から 5 の値
をとる。そのため本研究では、世銀債の価格分析に当
たり、 λ_r に関する感応度分析を行う。その他のパラメ
ータについては、SOGOALEU 指数の確率過程と同様
に、Girsanov の定理からボラティリティは実確率下
とリスク中立確率下で同一となるため、(3.6) ないし
(3.8) 式あるいは表6のパラメータを利用する。

4. SDGs 世銀債の評価モデル

4.1 シミュレーション方法

今回の分析では、分析する世銀債の満期が15年あ
るいは20年と長期であり、過去と同様な不況が訪れ
る可能性もあることから、全期間を利用して推計し
たパラメータを利用してシミュレーションを行う。

シミュレーションに利用するモデルは、表4と表5
における全期間のデータを利用して推計されたパラ
メータと、表6における世銀債発行時点に推計され
たパラメータを (3.6) ないし (3.10) 式へ代入す
ることより得られ、それぞれ (4.1) 式及び (4.2) 式に示さ
れている。

$$\tilde{r}_{t+1} = r_t + 0.0913(b_t^* - r_t) \Delta t + 0.1105 \Delta W_{r,t}^Q \quad (4.1)$$

$$\text{where } b_t^* = b_t - 0.1105 \times \lambda_r / 0.0913$$

$$\Delta \tilde{W}_{r,t}^Q = \tilde{\varepsilon}_{r,t}^Q \sqrt{\Delta t}, \quad \tilde{\varepsilon}_{r,t}^Q \sim N(0,1)$$

$$\tilde{I}_{t+1} = I_t + r_t I_t \Delta t + 0.1482 I_t^{0.8558} \Delta \tilde{W}_{I,t}^Q \quad (4.2)$$

$$\text{where } \Delta \tilde{W}_{I,t}^Q = \tilde{\varepsilon}_{I,t}^Q \sqrt{\Delta t}, \quad \tilde{\varepsilon}_{I,t}^Q \sim N(0,1)$$

上記の (4.1) 式において、 b_t は、(3.6) 式から与え
られる。 λ_r については、Ahmed and Wilmott (2007) に
よる実証研究の結果を利用し、 -20 、 -15 、 -10 、
 -5 、 -4 、 -3 、 -2 、 -1.2 、 -1 、 0 、 1 、 2 、 3 、 4 、 5
の値を利用して感応度分析を行う。これらの値を利用
した理由は、Ahmed and Wilmott (2007)によれば、実
証研究の結果から金利の市場リスクの価格、 λ_r のレン
ジは、 -20 から 5 程度であり、 -5 ~ 3 の間である頻
度が高く、平均が -1.2 であるとされているためであ
る。

以上の (4.1) 式と (4.2) 式を利用して金利及び指数のシミュレーションを行う。モンテカルロシミュレーションは、以下のステップにより行う。

Step 1 パラメータ a 、 β_0 、 β_1 、 β_2 、 β_3 、 τ_1 、 τ_2 、 σ_r 、 σ_I 、 γ の値を与える。時間刻みを $\Delta t=1/253$ とし、日次指数を推計する。

Step 2 参照 SOGAOLEU 指数の初期値 I_0 を与える。初期指数水準の最初の基準日となる 2017 年 3 月 21 日時点の指数を利用して、 $I_0=173.6854$ とする。

Step 3 金利の初期値 r_0 を与える。2017 年 3 月 21 日時点の LIBOR を利用して、 $r_0=-0.3771\%$ とする。

Step 4 パラメータ λ_r を与える。

Step 5 標準正規分布に従う乱数を参照指数及び金利についてそれぞれ一つ発生させ、それぞれ、 $\tilde{\varepsilon}_{I,t}$ 、 $\tilde{\varepsilon}_{r,t}$ とする。

Step 6 (4.1) 及び (4.2) 式の右辺を計算し左辺とする。

Step 7 時間をすすめる。 $t \leftarrow t+1$ とし、Step 3 に戻る。この計算を満期 T まで繰り返す。

Step 8 満期まで発生させた指数及び金利のシミュレーションパスをもとに、世銀債の価格を計算する。

Step 9 Step 2 に戻る。この過程を十分な数だけ繰り返し、世銀債価格の平均値を計算する。本研究では、10,000 回のパスを発生させる。また乱数発生の際には、評価値の標準誤差を減少させるために対称変量法を利用する。

次節では世銀債の評価モデルについて説明する。

4.2 SDGs15 年債の評価モデル

まず、SDGs15 年債の価値 (V_{B15}) は以下の (4.3) 式により行う。

$$V_{B15} = \frac{100}{\prod_{t=0}^{3913} (1+r_t \Delta t)} + 100 \frac{E^P [\max(AIR_{B15}, 0)]}{\prod_{t=0}^{3913} (1+r_t \Delta t)} \quad (4.3)$$

$\underbrace{\prod_{t=0}^{3913} (1+r_t \Delta t)}_{PV \text{ of Face Value}} \quad \underbrace{\prod_{t=0}^{3913} (1+r_t \Delta t)}_{PV \text{ of Coupon Linked to the Index}}$

$$= \frac{100}{\prod_{t=0}^{3913} (1+r_t \Delta t)} + \frac{100}{IIL_{B15}} E^P [\max[AAL_{B15} - IIL_{B15}, 0]] \quad (4.4)$$

$$\text{where } AIR_{B15} = \frac{AAL_{B15}}{IIL_{B15}} - 1,$$

$$AAL_{B15} = \frac{1}{6} (I_{2599} + I_{2861} + I_{3122} + I_{3383} + I_{3644} + I_{3904}),$$

$$IIL_{B15} = \text{Min}(I_0, I_{23}, I_{44}, I_{66}, I_{88}, I_{109}, I_{132})$$

ここで、 AIR_{B15} は、平均指数リターン、 AAL_{B15} は平均指数水準、 IIL_{B15} は初期指数水準である。添え字の

t は日数を示す。添え字の $B15$ は、SDGs15 年債を示す。 I_t は、 t 時点の SOGAOLEU 指数、 r_t は、(4.3) 式により計算される t 時点において観測された短期金利である。15 年後のペイオフの割引率は、(4.3) 式の通り、シミュレーションによって発生させた 15 年分の短期金利を掛け合わせることで計算する。金利は年率表示であるため、年次金利に $\Delta t=1/253$ をかけて日次ベースに変換をした割引率を計算している。 AAL_{B15} の計算に利用される SOGAOLEU 指数の観測日は、2027 年 3 月 8 日、2028 年 3 月 8 日、2029 年 3 月 8 日、2030 年 3 月 8 日、2031 年 3 月 10 日、2032 年 3 月 8 日であり、シミュレーション上では、それらは 2,599 日目、2,861 日目、3,122 日目、3,383 日目、3,644 日目、3,904 日目に該当する。

IIL_{B15} の計算に利用される SOGAOLEU 指数の観測日は、2017 年 3 月 21 日、4 月 21 日、5 月 22 日、6 月 22 日、7 月 21 日、8 月 21 日、9 月 21 日であり、シミュレーション上では、それらは 0 日目、23 日目、44 日目、88 日目、109 日目、132 日目に該当する。

この割引債の価格決定は指数の収益率を原資産とする (4.3) 式による場合と、指数の水準の平均値を原資産とする (4.4) 式のいずれかによって行うことができる。

指数「収益率」を原資産とする場合: (4.3) 式の右辺第 2 項は AIR_{B15} を原資産とし、行使価格がゼロのヨーロッパオプション 100 単位購入 (Long) した時の価値をあらわしていると解釈できる。もし AIR_{B15} が正規分布に従うようであれば原資産が正規過程に従うときのオプション価格決定モデル (森平 2015) を適用することができる。しかし表 3 に示されるように日次収益率が正規分布に従わないことからこうしたモデルを適用できるかどうかは直ちに判断できない。

指数「水準」を原資産とする場合: (4.4) 式の右辺第 2 項は 10 年目から 15 年目の指数の算術平均を原資産とし、 IIL_{B15} を行使価格 (水準) とする平均 (アジア) オプションを 100 / IIL_{B15} 単位購入したときの価値を表している。指数が対数正規分布するとしてもその算術平均は対数正規分布しない。このため様々な近似あるいは数値解析手法が平均オプションの価格決定に当たって考えられている。しかし SOGAOLEU 指数は対数正規分布しないため、対数正規分布する確率変数の平均の近似分布を用いる手法

は適用できない⁸。そのためモンテカルロ法などの数値解法を用いることになる。

また、15年という長期の割引債券であり、その割引率についても検討が必要である。本研究ではリスク中立確率による価値評価を行うため、LIBORを安全利子率とみなして、割引率としたが、データの利用可能性によっては当該債券や類似債券の β 値などを織り込んだ割引率の利用を将来の研究課題としたい⁹。

さらに、アジアンオプションの価値を計算する場合も指数のボラティリティがパラメータの一つとなるが、そのボラティリティを固定とせず確率あるいは変動ボラティリティなどとして扱うべきかについても検討が必要であるが、将来の研究としたい。

さらに、SOGOALEU指数の構成銘柄は変動するため、その指数の操作が可能である可能性があり、そのことについても価値評価をする際には配慮が必要である。日本版SDGs設計の際にはこのような指数の恣意性にも留意する必要がある。

4.3 SDGs20年債の評価モデル

SDGs20年債の評価モデルは11年目以降のクーポンは指数への連動率が表2の通り10%であるため、以下の(4.5)式の通りになる。

$$V_{B20} = \underbrace{\sum_{tc} 0.012 \times 100 \times DF_{tc}}_{PV \text{ of } 1.2\% \text{ fixed coupon}} + \underbrace{100 \times DF_{5219}}_{PV \text{ of Face Value at the maturity}} \quad (4.5)$$

$$+ \underbrace{100 \times 0.1 \sum_{tsc} E^Q \left[\max[AIR_{B20}, 0] \right] \times DF_{tsc}}_{PV \text{ of } 1.2\% \text{ floating coupon}}$$

$$= \sum_{tc} 0.012 \times 100 \times DF_{tc} + 100 \times DF_{5219} \quad (4.6)$$

$$+ \frac{10}{IIL_{B20}} \sum_{tsc} \left(E^Q \left[\max \left[\max \left[\tilde{I}_{1295}, \tilde{I}_{2599} \right] - IIL_{B20}, 0 \right] \right] \times DF_{tsc} \right)$$

where

$$tc \in \{ 261, 522, 783, 1043, 1304, 1565, 1827, 2088, 2384, 2608 \}$$

$$tsc \in \{ 2870, 3131, 3392, 3653, 3913, 4174, 4435, 4696, 4958, 5218 \}$$

$$t \in \{ tc, tsc \}$$

$$DF_T = \prod_{t=0}^{T-1} (1 + r_t \Delta t),$$

$$AIR_{B20} = \frac{MIL_{B20}}{IIL_{B20}} - 1, \quad MIL_{B20} = \max(\tilde{I}_{1295}, \tilde{I}_{2599}),$$

8 このような解釈ができるのは、この15年債が発行後6ヶ月を経過してからである。発行時($t=0$)から6ヶ月後($t=132$)まで IIL_{B15} は確率変数であり、行使価格は不確定である。

9 SOGOALEU指標に類似のSolactive Sustainable

$$IIL_{B20} = \frac{1}{5} (I_0 + I_{23} + I_{44} + I_{66} + I_{88})$$

添え字の $B20$ は20年債であることを示す。添え字の t は日数を示す。 tc 及び tsc は、それぞれ、固定クーポン(1.2%)の支払日、変動クーポン($0.1 \times \max[AIR_{B20}, 0]$)の支払日を示す。

固定クーポンの支払日は、2018年3月21日、2019年3月21日、2020年3月21日、2021年3月21日、2022年3月21日、2023年3月21日、2024年3月21日、2025年3月21日、2026年3月21日、2027年3月21日であり、シミュレーション上では、261日目、522日目、783日目、1,043日目、1,304日目、1,565日目、1,827日目、2,088日目、2,348日目、2,608日目に該当する。

変動クーポンの支払日は、2028年3月21日、2029年3月21日、2030年3月21日、2031年3月21日、2032年3月21日、2033年3月21日、2034年3月21日、2035年3月21日、2036年3月21日、2037年3月21日であり、シミュレーション上では、2,870日目、3,131日目、3,392日目、3,653日目、3,913日目、4,174日目、4,435日目、4,696日目、4,958日目、5,218日目である。

MIL_{B20} は、5年目(2022年3月8日、 $t=1,295$ 日目)と10年目(2027年3月8日、 $t=2,599$ 日目)の指数のいずれか大きい方を示している、SDGs20年債の価格決定は、SDGs15年債と同様に、指数の「収益率」を原資産とする(4.5)式による場合と、指数の「水準」の平均値を原資産とする(4.6)式のいずれかによって行うことができる。

「指数収益率」を原資産とする場合: (4.5)式の右辺第3項は指数収益率 AIR_{B20} を原資産として、行使価格がゼロのヨーロピアンコールオプションを10単位購入したポジションの価値を示している。15年債と同様、もし AIR_{B20} が正規分布に従っているとすれば、算術ブラウン運動に従うときのオプション価格決定モデルを適用してこの価値を計算できる。しかし正規性の仮定が満たされるかどうかについては慎重に検討する必要がある。

「指数水準」を原資産とする場合: (4.6)式の右辺第3項の $\max \left[\max \left[\tilde{I}_{1295}, \tilde{I}_{2599} \right] - IIL_{B20}, 0 \right]$ は、5年目($t=1,295$ 日目)と10年目($t=2,599$ 日目)の指数のうち、大きい方を原資産とし、 IIL_{B20} を行使価格とする最大オプションのペイオフを示している。右辺第3

Development Goals World RC 10 USD (SOGOALUS)とFama French 3ファクターモデル及び5ファクターモデルを利用したところ、SOGOALUSの β は、それぞれ0.474、0.544であった。

項全体としては、このコールオプションを 10 / IIL_{B20} 単位購入したポジションの価値を示している。

SOGOALEU 指数、 \tilde{I}_{1295} 、 \tilde{I}_{2599} が対数正規分布に従っているとすれば Stulz (1982) を適用してこの価値を決定できるが、指数は表 3 に示したように対数正規分布に従わないことに注意すべきである。

さらに、当該債券の問題点であるが、10 年目に AIR_{B20} によって 10 年目以降のクーポンレートが確定をしてしまうため、SDGs20 年債の格付が AAA 格であることから、クーポンレートが同様な国債と比べて低い場合 (最小で 0) には、当該債券の価格が暴落してしまうことになる。また実際に当該債券の価格は、 \tilde{I}_{1295} 及び \tilde{I}_{2599} のみで決まってしまうため、長期投資の観点からはリスクが高い債券となり、また、2つの指数のみで債券の価格が決まるとなると、指数を操作することによりこの債券の価格操作が容易になるという問題がある。

5. モンテカルロシミュレーションの結果

5.1 SDGs15 年債の価値評価

まず、SDGs15 年債の価値 (V_{B15}) 評価をモンテカルロシミュレーションにより行う。実確率下及びリスク中立確率下での初期指数 (IIL_{B15})、平均指数 (AIL_{B15})、及び平均指数リターン (AIR_{B15}) の分布に関する記述統計量は、表 7 及び表 8 の通りである。

表 7: 実確率下における初期指数(IIL_{B15})、平均指数(AIL_{B15})、平均指数リターン(AIR_{B15})の分布に関する記述統計量

	IIL_{B15}	AIL_{B15}	AIR_{B15} 15 年	AIR_{B15} 1 年
平均	171.8629	383.5878	123.11%	5.32%
中央値	172.3114	374.6947	118.22%	5.34%
最大値	187.3250	789.4681	361.91%	10.74%
最小値	147.0326	162.8716	-4.82%	-0.33%
標準偏差	5.0599	89.8580	51.48%	1.62%
歪度	-0.4414	0.5846	0.5796	-0.0491
尖度	3.3422	3.4428	3.4556	2.9475

注: AIR_{B15} の 15 年、1 年は、15 年間のリターン及び 1 年間の(年次)リターンを示す。

表 7 から、初期指数 (IIL_{B15}) の分布は、歪度が 0 に近く、また尖度も 3 に近いことから、正規分布に近くなっているが、左に裾が長い分布となっていることが理解される。続いて、平均指数 (AIL_{B15}) の分布は、歪度が 0 に近く、また尖度も 3 に近いことから、正規分布に近くなっているが、左に裾が長い分布となっていることが理解される。また、 AIL_{B15} の平均は

383.5878 となり、最小では、162.8716 であり、初期指数が、173.6854 であることから、シミュレーションの結果、正のリターンが得られる確率が高いものの、マイナスになる可能性があることを示している。最後に、平均指数リターン (AIR_{B15}) の分布について考察する。表 7 の通り、SDGs15 年債に投資をすることにより平均で 5.32%の年次リターンが得られることが理解できる。最小値が-0.33%であるが、額面が保証されているため、最悪の場合のリターンはゼロとなる。

表 8: リスク中立確率下における初期指数(IIL_{B15})、平均指数(AIL_{B15})、平均指数リターン(AIR_{B15})の分布に関する記述統計量

	IIL_{B15}	AIL_{B15}	AIR_{B15} 15 年	AIR_{B15} 1 年
平均	168.9007	199.5047	18.08%	0.93%
中央値	169.4945	194.3863	15.19%	0.95%
最大値	185.7475	431.9393	156.87%	6.49%
最小値	142.1140	79.4772	-52.82%	-4.88%
標準偏差	5.8523	48.9955	28.50%	1.62%
歪度	-0.4495	0.6162	0.6092	-0.0502
尖度	3.1094	3.5072	3.5181	2.9510

注: AIR_{B15} の 15 年、1 年は、15 年間のリターン及び 1 年間の(年次)リターンを示す。

本研究では、価値評価のためにリスク中立確率過程を利用する。そのため、リスク中立確率過程下での指数の期待値を検討する。表 8 から、リスク中立確率過程のもとでの平均年次リターンは 0.93%である。金利の長期平均 b_{3913} (15 年債の満期時点) が、1.861%であることから、金利の期待値よりも高く、当該債券の価値が低いことが示唆される。また、最大値が 6.49%で、最小値が-4.88%であることから、高い確率でリターンが 0 となることが予想される。

最後にモンテカルロシミュレーションの結果、平均的な金利リスクの市場価格、 $\lambda_r = -1.2$ を仮定する場合、15 年債の価値は、 $V_{B15} = 91.02$ と計算され、額面を下回る結果となる。世銀債が額面発行であることから、発行体が投資家から額面との差額分の利益を得ていると考えられる。投資家が損失を被る確率が高い投資案件であろう。このような結果になっている理由としては、SOGOALEU 指数のドリフトである金利の長期平均がプラスであるため、長期的には上昇傾向にあるものの、15 年債のペイオフは、10 年目から 15 年目の 5 時点の平均だけに依存しており、ペイオフは、平均的には、12.5 年目の指数水準に近く

なると考えられる。投資家にとっては、SOGOALEU 指数に投資をするよりも、平均的には、2.5年分のリターンを逸失していることになる。そのため、SDGs 債は、額面以下の価値になっていると考えることができる。

5.2 SDGs20年債の価値評価

続いて、SDGs20年債の価値 (V_{B20}) をモンテカルロシミュレーションにより行う。実確率下での初期指数 (IIL_{B20})、最大指数 (MIL_{B20})、及びクーポン率 ($0.1 \times AIR_{B20}$) の分布に関する記述統計量は表 9 に、及びリスク中立確率下での結果は表 10 の通りである。

表 9: 実確率下における初期指数(IIL_{B20})、最大指数 (MIL_{B20})、クーポン率($0.1 \times AIR_{B20}$)の分布に関する記述統計量

	IIL_{B20}	MIL_{B20}	$0.1 \times AIR_{B20}$
平均	175.9828	325.8746	8.51%
中央値	175.9150	319.1351	8.15%
最大値	196.3288	644.3112	25.50%
最小値	157.5824	157.6003	-1.26%
標準偏差	4.9860	70.3270	3.93%
歪度	0.073	0.5742	0.5667
尖度	2.881	3.4403	3.4370

表 10: リスク中立確率下における初期指数(IIL_{B20})、最大指数(MIL_{B20})、クーポン率($0.1 \times AIR_{B20}$)の分布に関する記述統計量

	IIL_{B20}	MIL_{B20}	$0.1 \times AIR_{B20}$
平均	173.5565	195.5413	1.26%
中央値	173.4928	190.5712	0.99%
最大値	193.5829	392.4163	11.80%
最小値	155.4434	92.2063	-4.56%
標準偏差	4.9137	39.1919	2.21%
歪度	0.073	0.7403	0.7463
尖度	2.880	3.8389	3.8635

表 9 から、初期指数 (IIL_{B20}) の分布は、歪度が 0 に近く、また尖度も 3 に近いことから、正規分布に近い分布であることが理解される。さらに、最大指数 (MIL_{B20}) の分布については、歪度がやや 0 に近いが正の値であることから、右裾の長い分布であることが理解される、また尖度もやや 3 より大きいことから正規分布よりも少し尖った分布である。クーポン率 ($0.1 \times AIR_{B20}$) の分布は、尖度がやや 3 よりも大きいことから、少し尖った分布である。また、クーポン率の平均は 8.51%、最小は -1.26 となるため、わ

ずかではあるが 11 年目から 20 年までの間でクーポンが得られない可能性がある。また、債券としてクーポン率の平均が 8.51% とであることは高リターンのように見えるが、リスク中立確率下での価値評価を行うために、これらの指標についても検討する。

表 10 から、リスク中立確率下では、クーポンレートの平均は 1.26% となり、最初の 10 年間のクーポンレートとほぼ同じ水準である。また、15 年債と同様に長期金利水準と比較すると、 b_{5218} (15 年債の満期時点) が、1.813% であり、安全利子率の期待値以下となるため、当該債券の価値が低くなることが示唆される。

最後にモンテカルロシミュレーションの結果、平均的な金利リスクの市場価格、 $\lambda_r = -1.2$ を仮定すると 20 年債の価値は、 $V_{B20} = 86.90$ と計算され、額面を下回る結果となる。20 年債も投資家にとっては損失を被る確率が高い投資である。その理由として 2 つの点が指摘できる。第 1 の理由は、11 年目から 20 年目までの 10 年間にわたる長期のリターンが、最初の 5 年目と 10 年目の 2 時点の指数のみによって決まることである。第 2 には、金利の長期平均がプラスであるため、10 年目の指数に連動してクーポンが支払われる可能性が高いが、そのことは投資家にとっては再投資リスクが存在することを意味する。こうした点がこの債券のリスクを高くしている理由であろう。

5.3 リスク回避度 λ_r が SDGs 債価格に与える影響

4.1 節で述べた通り、15 年債及び 20 年債の価値が λ_r に関してどのように変化するか、 $\lambda_r = -20, -15, -10, -5, -4, -3, -2, -1.2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$ の値を利用して感応度分析を行う。感応度分析の結果は図 3 の通りである。

図 3 から λ_r (投資家のリスク回避度) が低くなればなるほど、いずれの債券価格は低くなることが理解される。どちらの債券も元本保証がついているが、その保険価値は、債券投資家のリスク回避度とはあまり関係がないことが理解される。リスク回避度が 0 の場合には、当該債券はほぼ額面の価値と一致する。リスク回避度がマイナスであるリスク回避的な投資家にとっては、15 年債の方が 20 年債よりも価値が高く、リスク回避度がプラスであるリスク愛好的な投資家にとっては、20 年債の方が価値が高いことが理解される。この理由について検討する。(4.1) 式から λ_r の増加 (減少) は、リスク中立確率過程下での金利の長期平均が減少 (増加) することを意味し、図 3 は金利への感応度 (デュレーション) と解釈することもできる。20 年債の方が金利リスクが高い理由としては、単純に 20 年債であることから、投資期間が長

く、流動性リスクが高いこと、また、既述の通り、20年債は、5年目及び10年目の2時点のみでクーポン率が決まり、リスクが高いこと、クーポン債であるが、そのクーポン率が債券の期待利回り（本研究では3か月物のユーロ LIBOR）よりもリスク回避的な投資家にとっては低く、リスク愛好的な投資家にとっては高いことが言える。そのため、リスク愛好的な投資家にとっては、20年債の方が価値が高く、リスク回避的な投資家にとっては、15年債の方が価値が高くなっていると考えられる。

ここで、SDGs 世銀債の公正な価値を検討するために、取りうる、 λ_r の値についてさらに検討する。Ahmed and Wilmot (2007)によれば、多くの場合（必ずではないが）金利リスクの市場価格はマイナスであり、当該世銀債の価値分析には、15年あるいは、20年にわたる長期間における λ_r の平均を利用するべきである。Ahmed and Wilmot (2007)は、 λ_r のボラティリティ $\sigma(\lambda_r)$ について、以下の(5.1)式により表現できるとしている。

$$\sigma(\lambda_r) = 0.21(3.2 - \lambda_r)^{1.8} \quad (5.1)$$

(5.1)式から、仮に λ_r の水準が、 -1.2 とした場合、そのボラティリティは、 3.02 となる。この値は年率であるため、15年間及び20年間にわたる λ_r の平均のボラティリティは、 $\sqrt{15}$ 及び $\sqrt{20}$ で割ることにより、 0.78 、 0.68 となる。そのため、 λ_r の15年あるいは20年の長期的な平均がプラスの値となる確率は低く、このことから投資家にとってよい債券とは言えない。

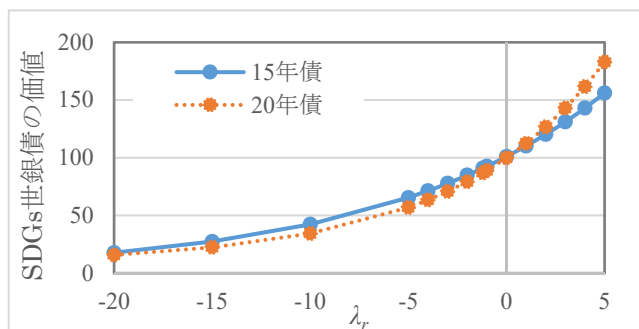


図3 金利リスクの市場価格 (λ_r) が SDGs 15年債及び20年債の価値に与える感応度分析

注：実線と破線はそれぞれ、額面100に対する15年債、20年債の現在価値を示す。 $\lambda_r = -1.2$ は、金利リスクの市場価格の平均的な値である (Ahmed and Wilmot 2007)。

Ahmed and Wilmot (2007)によれば、 λ_r が高い状態を市場が貪欲 (Greed) な状況であり、 λ_r が低い状態を市場が恐怖感 (Fear) を抱いている状況であると

している。こうした考え方に従えば、世銀債への投資は、リスク愛好的な投資家にとって、あるいは、市場が貪欲な状態でのみしか正当化されないと主張できよう。

もし投資家がこの債券の本当の価値を理解して投資をしているとすれば、額面と債券価値との差は、SDGsへの貢献からもたらされる効用あるいはSDGsプレミアムと解釈することもできるが、価値が額面から10%程度価値が減額していることから、差額分すべてをSDGsプレミアムと解釈することは難しいだろう。よって当該債券が公正な価値 (Fair Value) で発行されていたとは結論づけ難い。SDGsへの貢献からもたらされる効用を考慮した評価については今後の研究課題としたい。

6. 結論

本研究ではSDGs指数の不確実性についてはCEV (ボラティリティに関する弾力性一定) モデル、金利についてはHull-Whiteモデルを利用して不確実性を表現し、かつ無裁定条件下における金利のリスク中立確率を利用してSDGs15年債及び20年債の評価を行った。15年債については、額面100に対して91.02、20年債については86.90との価値算定が行われた。投資家のSDGsへの貢献を示すプレミアムなどを考慮しても、当該債券が公正な価値で発行されていない可能性が高い。

また、SDGs世銀債の場合、SDGs推進のための資金を調達する目的で仕組債を発行し、その利回りをSDGs指数に連動させることは、必ずしも、SDGsの推進に対して貢献するものではないことがあげられる。世界銀行の活動自体はすべからず、SDGsに関連したものであっても、世銀債のリターンとSDGsの貢献度合いとの関連性はほとんどない。

今後の研究として、日本版SDGs債実現のために必要な論点の整理を行いたい。まず、SDGs世銀債の円建て指数を計算することにより、日本の投資家にとってのリターンとリスクについても検討をしたい。また、新しい日本版SDGs債を提唱する際にSOGOALEU指数のような指数の合成が日本株で可能かどうかについても検証したい。さらに、企業の業績や、企業のSDGs達成への貢献度などと連動した指数を構築し、その指数を原資産とするSDGs債券を提唱するなど、企業に対してSDGs達成へ向けた取り組みを誘発するようなスキームを構築したい。

また、本研究ではリスク中立確率下で分析を行ったが、実確率下での分析も検討することにしたい。つまり、指数の β 値やリスク特性の詳細な分析、指数に含まれている個別銘柄の分析を行うことにより、

SDGs 世銀債を評価するための適切な割引率すなわち投資家にとっての期待リターンを推計したい。さらに、SDGs 世銀債の債券としてのリスク分析として、デュレーション、流動性、信用リスクなどのリスク分析も行う予定である。

参考文献

1. Ahmed, R., and P. Wilmot (2007). The Market Price of Interest-Rate Risk : Measuring and Modeling Fear and Greed in the Fixed-Income Markets. *Wilmott Magazine*, January, 64-70.
2. Chan, H. H. and H. Y. Wong (2006). *Simulation Techniques in Financial Risk Management*, John Wiley and Sons, Inc.
3. Cox, J. C., J. E. Ingersoll, and S. A. Ross. (1985). "A Theory of the Term Structure of Interest Rates," *Econometrica*, 53(2), 385-408.
4. Chan, K. C., G. Andrew Karolyi, Francis A. Longstaff, and Anthony B. Sanders (1992). An Empirical Comparison of Alternative Models of the Short-Term Interest Rate, *Journal of Finance* 47(3), 1209-1227.
5. Cherubini, U. and Romagnoli, S. (2010). The Dependence Structure of Running Maxima and Minima: Results and Option Pricing Applications. *Mathematical Finance*, 20(1), 35-58.
6. Cox, J. C., and Ross, S. A. (1976). The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes. *Journal of financial economics*, 3(1-2), 145-166.
7. Hull, J. And White, A. (1990). Pricing Interest Rate Derivative Securities, *Review of Financial Studies*, 3(4), 573-92.
8. Hull, J, and A White (1994) Numerical Procedures for Implementing Term Structure Models I: Single-Factor Models, *Journal of Derivatives* 2(1), 7-16.
9. Hull, J. (2012) *Risk Management and Financial Institutions*, John Wiley & Sons.
10. Johnson, H. (1987). Options on the Maximum or the Minimum of Several Assets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 22(3), 277-283.
11. Nelson, C. R., and Siegel, A. F. (1987). Parsimonious Modeling of Yield Curves. *Journal of Business*, 60(4), 473-489.
12. Stulz, R. (1982). Options on the Minimum or the Maximum of Two Risky Assets: Analysis and Applications. *Journal of Financial Economics*, 10(2), 161-185.
13. Svensson, L. E. (1994). Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992-1994. *IMF Working Paper*, 94(114).
14. Vasicek, O. (1977). An Equilibrium Characterization of the Term Structure. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 177-188.

謝辞

山田雅章氏から債券価値の評価方法について多くの示唆に富むご指摘を頂いた。また、リアルオプション学会、青山ファイナンス研究会、金融SDGs研究会、リアルオプション研究会（同志社大学）の参加者からも多くのコメントを頂いた。本研究の遂行にお力添え頂いた方に感謝申し上げる。言うまでもなく、本研究の内容はすべて筆者の責に帰すものである。

<査読論文 2018年11月4日採択>

Analysis of Impacts of SDGs Activities on Firm Value and Utility: Proposals of SDGs Finance and Indices in Japan

Haruyoshi Ito

Associate Professor of Finance
Graduate School of International Management
International University of Japan

Abstract Previous empirical research papers suggest that CSR, ESG, and SDGs might have positive impacts on the firm value (Khan, Serafeim, and Yoon 2016 etc.) while a plethora of papers also suggest that some CSR and ESG factors have no or negative impact on the firm value (Kawamura and Nagata 2016 etc.). We analyze the impact of SDGs on the firm value by theoretical analysis distinguishing the firm value as cash-based value which is derived from the Discount Cash Flow method incorporating the magnitude of cash flow, market risk, and life span of the corporation, and recognized value derived by considering the investors' utility to SDGs contribution in addition to cash-based value. Our analysis suggests that firm's contribution to SDGs have positive impact on the firm value if it could increase the investor base, that is, SDGs could improve the recognized firm value. However, if the investors and shareholders care both SDGs contribution and the firm value, the cash-based firm value might be compensated. Mixed empirical results are consistent with our models because the positive impact of SDGs on the firm value via increment in investor base might be offset by the destruction of the cash-based firm value by the excessive investment to SDGs. In order to reach conclusion whether SDGs have positive impact on the firm value, we need to conduct more careful analysis constructing the SDGs index associated with the SDGs contribution by the firm. Additionally, our analysis suggests that if we desire to achieve SDGs at higher level, we need to understand the utility of investors and shareholders and consider the scheme providing the incentives for managers in order to make them maximize the utility of shareholders who care both SDGs and the firm value.

Keywords : SDGs, ESG, SRI, GPIF, PRI

1. Introduction

One of the most perceived corporate objects is value maximization. Firm value is determined by equation (1).

$$V = \frac{E(CF_1)}{(1+r_f+\pi)^1} + \frac{E(CF_2)}{(1+r_f+\pi)^2} + \dots + \frac{E(CF_n)}{(1+r_f+\pi)^n} \quad (1)$$

where, V is the value of the corporation (cash-based value, hereafter), CF_t is free cash flow at time t , r_f is risk free rate, π is market risk premium, n is expected life span of the corporation. According to equation (1), in order to improve the cash-based firm value, the corporate should 1. improve the expected free cash flow, 2. reduce the market risk premium, or 3. improve the expected life span of the corporation. Someone might claim that equation (1) does not take real options into consideration. However, real options value could be captured by equation (1). For example, if the corporation has exit options, it could exit from the project if the NPV of the project is negative. In this sense, expected cash flow of the corporation increases by exercising the exit options. Existence of these real options might reduce the π , if they could reduce the market risk.

If we could reasonably assume that the corporate maximizes the firm value, and if pursuing Sustainable Development Goals (SDGs) has the positive impact on the firm value through these three factors mentioned above, the corporate would naturally pursue SDGs. In this case, a question is whether SDGs related activities would improve the cash-based firm value or not.

SDGs emphasize the sustainability. Sustainability implies longevity. We would like to compare if corporations surviving long time have higher firm value or not. According to Teikoku Databank (2009), average Profits Margin / Sales for corporations surviving longer than 100 years (longevity corporations, hereafter) and those for the other corporations are 19.97% and 23.45%, respectively. Additionally, average Operating Profits / Sales for longevity corporations and those for the other corporations are 1.88% and 1.91%, respectively. These facts indicate that longevity corporations are not necessarily more profitable than the other corporations. We could infer that pursuing SDGs might not be corresponding to the value increments through cash flow improvements.

However, firm value still might be improved if investors care about not only the firm value or returns from

investments but also doing something good for the society via investments. If this statement is true, recognized value of the corporation could be higher than cash-based value through the increment in the investor base (Merton 1987). In other words, CSR, ESG, and/or SDGs related activities might improve the firm value not by through the cash flow improvements but by the investor's preference on the investment.

In this paper, we would like to discuss whether SDGs and the firm value are positively related or not. Additionally, we would like to discuss what are the appropriate measurements of SDGs to encourage corporations to commit SDGs related activities. Furthermore, we would like to discuss how SDGs could be achieved from the view of corporate finance and economic theory by literature review and theoretical models. First of all, we would like to explain briefly what CSR, ESG, and SDGs are in order to understand differences among them in Chapter 2. We review the literatures in order to analyze the impact of CSR, ESG, and SDGs on firm value in Chapter 3. We introduce theoretical models in order to discuss the impact of firms' contribution to SDGs on the firm value in Chapter 4. We propose financial schemes in order to achieve SDGs in Japan in Chapter 5. Chapter 6 concludes this paper.

2. CSR, ESG, and SDGs

Differences among Corporate Social Responsibility (CSR), Environment, Social, and Governance (ESG), and SDGs are summarized in Table 1. Carrol (2008) states that 1953 is the formal birth year of CSR when Howard R. Bowen wrote the book entitled "Social Responsibilities of the Businessman". Friedman (1970) quoted that "there is one and only one social responsibility of business—to use its resources and engage in activities designed to increase its profits so long as it stays within the rules of the game, which is to say, engages in open and free competition without deception or fraud" from his book *Capitalism and Freedom*. CSR has been already recognized since 1970 as in the Friedman's comments. Carrol (1991) summarizes that CSR considers three components namely Ethics, Legal, and Economics. In 1968-73, there were many unethical issues in the corporation. To solve these issues, CSR was developed (Carrol 2008). Since 2000 when Global

Reporting Initiative (GRI) launched the Sustainability Reporting Guidelines on Economic, Environmental, and Social Performance, 92.2% of the world top economies have regulated mandatory reporting systems associated with CSR (Wen 2017).

ESG starts from the investment of funds by Christianity since 1900 (Gender Equality Bureau Cabinet Office (GEBCO) 2015). The word of ESG has been used since 2006 when Principal of Responsible Investment (PRI) were launched. PRI is the leading proponents of responsible investment. PRI was started by the initiative of United Nations and an investor group from institutions in 12 countries all over the world¹.

Table 1: Summary of CSR, ESG, and SDGs

	CSR	ESG	SDGs
Concept Starts	Pre-1950's	1900's	2015
First use	1953	2006	2015
Components	Ethics Legal Economics Philanthropic	Environment Social Governance	People Planet Prosperity Peace Partnership
Motivations	Solve legal and moral issues of corporation	Screening criteria of investment	Solve the global issues by all entities all over the world.
Entities Involved	Firms	Firms Investors	Firms Investors Governments Citizens

Note: CSR stands for Corporate Social Responsibility, ESG stands for Environmental, Social, and Governance, and SDGs stands for Sustainable Development Goals, respectively.

SDGs are a set of actions in order to solve the global issues for peace, people, planet, and prosperity. SDGs consist 17 goals and 169 targets. All 193 countries which are members of United Nations adopted SDGs at United Nations General Assembly on September 25th, 2015. SDGs are replacement of Millennium Development Goals (MDGs). MDGs could not achieve some goals such as poverty in African countries, mortality rate, gender

¹ PRI website (<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA2OTA5MWUtMzc4OC00MTZhLWlyZDYtYTc3NDMzOGE1OGFjliwidCI6ImZi>)

YzI1NzBkLWE5OGYtNDFmMS1hOGFkLTEyYjEzMWJkOTNlOCIsImMiOjh9, accessed on April 8th, 2018)

equality, and CO₂ emissions. SDGs aims to solve these issues and new issues such as climate change, sustainable consumption, peace and justice. In total, SDGs aims to achieve 17 goals by the partnership of all entities such as governments, citizens, and firms.

In order to study if SDGs have positive impacts on the firm value, creation of indices for the corporation measuring the contribution to SDGs by the corporation is important. One of the difficulties to create such indices is that SDGs have more dimensions than ESG. In fact, SDGs set up 231 indicators to measure the achievement. Another difficulty is that each goal is interrelated (Zhou 2017 and Ito 2018). According to Zhou (2017), most targets have at least one target correlated negatively. That is, achievement of a typical goal implies that another goal might not be achieved or achievement might be delayed. In this sense, collaboration among all types of entities are essential in order to avoid the conflict among goals. Creation of indicators measuring the contribution of each firm for SDGs achievement needs the careful consideration of interrelatedness of each goal.

There is a plethora of literature on CSR and ESG while a few papers are written on SDGs as they are fairly new concepts. Considering similarities and differences between SDGs and CSR&ESG, we would like to develop the hypothesis to be tested in this paper in the next chapter.

3. Set of Hypothesis and Literature Review

A set of hypotheses we test in this paper is as follow;

H1: Pursuing CSR and ESG improves the cash-based firm value.

H2: Pursuing SDGs improves the cash-based firm value.

H3: Pursuing CSR and ESG improves the recognized firm value.

H4: Pursuing SDGs improves the recognized firm value.

H5: Shareholders are value maximizers and they only care about the firm value. Firm value is maximized but SDGs might not be achieved well.

H6: Shareholders are utility maximizers and they care about both firm value and firm contribution to the society (SDGs). Cash-based value might be compensated while recognized value might be increased due to the increment in investor base.

We set up the similar hypothesis but different hypothesis in regard to CSR&ESG and SDGs as CSR and

ESG are just similar to SDGs but not exactly same.

A lot of papers discuss the relationship between CSR activities and the cash-based firm value but results are not consistent each other. In this paper, we would like to consider the source of the firm value increment and the types of firm value, cash-based or recognized, improved.

Let us consider the channels of cash-based value increment. As in equation (1), there are three possible sources improving the firm value. These sources are magnitude, risks, and timing of cash flow.

First, CSR could improve the value via the improvement of cash flow. Khan, Serafeim, and Yoon (2016) shows that the corporations which have high investment in material sustainable issues have higher growth in returns on sales two years or later from now using U.S.A. data. As results, monthly stock returns are higher for corporations which have high investment in material sustainability issues due to the higher alpha controlled by Fama-French three-factor model (Fama and French 1993). On the other hand, Ogata (2016) shows that profitability and environmental, society, and governance scores (ESG scores) are not positively correlated with profitability measures such as ROE. Ogata (2016) also shows that Socially Responsible Investment (SRI) funds in Japan chose corporations which have higher ROE than others in the portfolio but difference in ROE between firms in SRI funds and firms excluded from SRI funds are diminishing five years or later from the time of selection.

Second, CSR could improve the firm value via the reduction in discount rates. Lins, Servaes, and Tamayo (2017) shows that firms concerning CSR have higher returns during the crisis period by 4-7 %. This result indicates that corporations concerning CSR have lower risks in the crisis period. Orlitzky and Benjamin (2001) and Jo and Na (2012) show that investment in CSR would reduce both market risk measured by beta and firm-specific risk. Furthermore, Jo and Na (2012) shows that the impact of CSR on risk reduction is more significant in controversial industries such as tobacco, gambling, weapons, alcohol, adult entertainment, nuclear, oil, cement, and biotech industries. Shirasu (2011) which uses Japanese data shows that the average beta of corporations included in SRI funds is lower in crisis period than in normal period while average beta of other types of corporations is higher in crisis period. Corporations concerning CSR could reduce market risks in the crisis periods. Additionally,

Shirasu (2011) shows alpha² of corporations in SRI funds is also positive and statistically significant. These results indicate that corporations concerning CSR manage a market risk in crisis period well and earn excess returns from the market. As a result, corporations concerning CSR create values to shareholders. Husted (2005) mentions that CSR can be considered as investments in risk management. CSR could reduce the risk of the firm as well as increase the future expected cash flow.

However, Goss and Roberts (2011) shows that firms with CSR concerns³ have higher spreads than corporations with less CSR concerns by 7-18 basis points. Investments in CSR strength are not correlated with the spread. Their paper concludes that too much emphasis on CSR might destroy the firm value due to the over-investment problem. Shirasu (2011) using Japanese data points out that stocks included in SRI showed significantly higher three- or longer year-returns than non-SRI stocks from 2004 to 2009. Additionally, SRI stocks have higher alpha returns controlled by Fama-French three-factors model than non-SRI stocks yet opposite results are observed in 2008, a crisis period. Shirasu (2011) concludes that Japanese SRI stocks have higher returns due to the higher market risk. Impact of CSR on risks of stock returns should be further investigated.

Third, CSR might improve the firm value through the increment of life span of the corporation. Attig, Ghoul, Guedhami, and Suh (2013) shows that all types of CSR scores⁴ except human rights have positive impacts on credits ratings. This result implies that most CSR activities reduce the probability of default, that is, increase the life span of the corporation. Additionally, Ghoul, Guedhami and Kim (2017) shows that CSR reduces the default probability and the impact of CSR on the reduction in default probability is enhanced in the country where business is strictly regulated. However, Goss and Roberts (2011) finds that there are nonsignificant differences between the loan spread of the firms with high CSR concerns and those with low concerns. This finding implies that impact of CSR on the default probability is not significant. Impact of CSR on the life span of the

corporation should be also further analyzed.

A plethora of papers show the correlation between the firm value and CSR but many of these papers do not show how CSR improves or destroys the firm value. In other words, these papers test whether CSR improves the recognized value rather than cash-based value. Kawamura and Nagata (2016) shows that CSR and the firm value measured by Tobin's Q are positively correlated if the firm's percentage of foreign investors is ranked among the top 25% of all corporations in that year. This result indicates that the good governance structure might have positive impact on the firm value.

On the other hand, Kawamura and Nagata (2016) shows that if the firm's percentage of shares by corporations is ranked among the top 25% in that year, CSR activity has negative impact on the firm value as Managers' entrenchment is concerned. Ogata (2016&2013) shows that SRI funds returns are not significantly different from active funds. Equal weighted portfolio (EWP) of stocks included in SRI have significantly higher returns than EWP of stocks in active funds because of higher alpha returns and higher beta. However, some stocks are included in both SRI and active funds. Alpha returns of the stocks which are included in SRI funds but not included in active funds is not significantly different from zero.

How do SDGs improve the firm value, then? It depends on the goal. Barnett and Salomon (2006) suggests that the impact of CSR on the firm value depends on the types of CSR activities. Their paper uses the data of socially responsible mutual funds tracked by the Social Investment Forum⁵ and shows that community relations have positive impacts while consideration of equal employment and environmental issues have negative impacts on market risk adjusted returns. These results imply that activities associated with goal 11 (sustainable cities and communities) and goal 17 (partnerships for the goals) might have positive impact on the firm value while those associated with goal 5 (gender equality), goal 7 (affordable and clean energy), goal 10 (reduced inequalities), goal 13 (climate action), goal 14 (life below

2 Expected excess return of the investment relative to the benchmark portfolio.

3 Goss and Roberts (2011) distinguishes two types of CSR related items, strength and concern items, following to KLD data. Strength (concern) indicates the positive (negative) impacts on the society. Strength includes generous giving, pollution prevention, and employment equality etc. Concern includes hazardous wastes, indigenous peoples relations concern, and

health safety concern of employee etc. For more details, please refer MSCI ESG KLD STATS (available at <https://www.wiso.uni-hamburg.de/bibliothek/recherche/datenbanken/unternehmensdaten/msci-methodology-2014.pdf>)

4 Community, Diversity, Employee Relations, Environment, and Product Scores from MSCI ESG STATS.

5 WEB: <http://www.socialinvestmentforum.org.uk/>

water), and goal 15 (life on land) could have negative impacts.

On the other hand, Shirasu (2011) using several types of SRI funds and stocks included in these SRI funds argues that the impact of CSR activities on the firm value depends on the types of SRI. The abnormal stock returns of the corporations included in SRI concerning customer relations and environmental issues are higher than the corporations which are not included in SRI funds. This result indicates that goal 17 (Partnership for the Goals) which is associated with customer relation might have positive impacts on the firm value. This is consistent with Barnett and Salomon (2006). Additionally, the CSR activities concerning environment related to goal 13 (Climate Action), 14 (Life Below Water), and 15 (Life on Land) might have positive impacts on the firm value as well. These are contradictory to Barnett and Salomon (2006). Furthermore, Shirasu (2011) shows that there is no significant relationship between abnormal returns and SRI scores associated with employee friendly (providing equal opportunities etc.), corporate governance, contributions to the society, and working environment (life work balance etc.). These results imply that CSR activities associated with goal 5 (gender equality), goal 8 (decent work and economic growth), goal 10 (reduce inequalities), and goal 11 (sustainable cities and communities) might not have any significant impacts on the corporate performance.

While these findings of Shirasu (2016) are not consistent with the statement that there is positive relationship between abnormal returns and goal 8, Yamada, Usui, and Goto (2017) using the survey of Nikkei Newspaper shows that investment in the corporations which are workers friendly provide approximately 2% abnormal returns. We need more careful analysis to conclude the relationship between the firm value and contributions to SDGs.

One of the dimensions in the SDGs is peace (goal 16) as in Table 1. Peace is concerned in neither CSR nor ESG previously with our best knowledge. Jha and Shayo (2016) shows that higher exposures to the stock markets increase the tendency to vote for the peace. Their paper uses vote share for the left party as proxy of the support for the peace. They conduct the experimental studies in Israel. Their findings indicate that financial market or financial incentives might be useful to achieve goal 16.

When we consider the relationship between CSR activities associated with SDGs, interrelatedness of each goal should be considered. In other words, even if one of SDGs is achieved, achievement of other goals might be impeded. Unfortunately, there are negative correlation among goals. For example, all targets under goal 8 (Decent work and economic growth) are conflicting to target 9.4⁶ according to Zhou and Moinuddin (2017). Ito (2018) using SDGs index provided by Sachs et al. (2017) shows that there are negative correlations between goal 12 (Responsible Consumption and Production) and most goals (goal 1 - 11, 14, and 16). When we analyze the impact of a SDGs activity on the firm value, we need to consider that the activity might obstruct achievements of other SDGs. As a result, through this process, increment in the firm value could be deteriorated.

The number of literatures we refer in this paper is limited but we could reasonably conclude that empirical findings mentioned above imply that impacts of activities associated with SDGs on the firm value depend on the features of 17 goals or 169 targets. Even if there is positive correlation between some CSR activities associated with some goals and firm performances, these CSR activities might have negative impact on the achievements of other goals. We have to consider carefully what kinds of indicators would be appropriate to measure the achievement of SDGs considering the interrelatedness.

4. Theoretical Models

4.1 Cash-Based Value and Recognized Value

In order to test H3 and H4 (CSR, ESG, or SDGs improves recognized corporate value), we would like to consider cash-based and recognized firm value using a theoretical model. Concepts of the model are shown in Figure 1.

In this analysis, we use the expression of recognized firm value (v_I) which incorporates both cash-based firm value and the impact of increment in investor base on the firm value. In other words,

$$v_I = f(V_I, \text{Investor base}),$$

$$V_I = g_1(CF_I(SDG_{I,J}), n_I(SDG_{I,J}), \pi_I(SDG_{I,J})) \quad (2)$$

$$\text{Investor base} = g_2(SDG_{I,J}),$$

where V_I is firm I 's cash-based value, Investor base is a

sound technologies and industrial processes, with all countries taking action in accordance with their respective capabilities.

⁶ Target 9.4: By 2030, upgrade infrastructure and retrofit industries to make them sustainable, with increased resource-use efficiency and greater adoption of clean and environmentally

change in the number of investors (shareholders) for firm I due to the firm I 's contribution to SDGs. $SDG_{I,J}$ is firm I 's contribution to J th SDG. CF_I , n_I , π , are cash flows, expected life span, and market risk premium of corporate I , respectively as in equation (1) and they are function of $SDG_{I,J}$ as they might be related to $SDG_{I,J}$.

Equation (2) implies that SDGs are associated with the cash-based value if SDGs affect cash flows, market risk, or life span of the firm as in equation (1). On the other hand, SDGs could improve the recognized firm value via the increment in investor base without improving the cash-based value.

Impact of change in the investor base on the firm value (stock price of the firm) due to the SDGs is described in Figure 1.

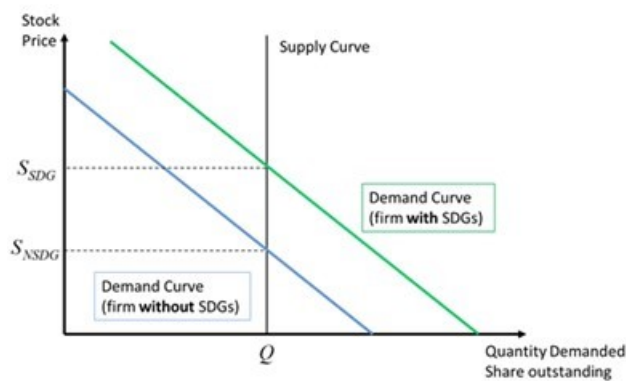


Figure 1: Demand and Supply Curves of the firm with and without SDGs commitment.

Note: x axis is the quantity demanded or share outstanding and y axis shows the firm's stock price. Supply curve is horizontal line. Sloped line in the left (right) is demand curve of the firm without (with) SDGs commitment. S_S and S_{NS} indicate stock price of the firm with and without SDGs commitment, respectively.

Let us assume that the firm's supply curve of their shares is described as vertical line in Figure 1. It implies that the firm do neither issue or split their stocks nor repurchase their stocks whatever the price level is. That is, share outstanding in this market is always Q as in Figure 1. Let us further assume that there are two firms which have exactly same characteristics including the cash-based value, V_I , except their contribution to SDGs. One contributes

while the other does not. We simply assume that V_I does not depend on SDGs unlike equation (2).

Let us also assume some investors do not care about the firm's commitment to SDGs and while others do. This assumption is reasonable because some stock indices such as Solactive Sustainable Development Goals World Index (SOGOALEU) provided by Solactive, a Germany-based index provider, has selection criteria which exclude the firms which do not have any contributions to SDGs. While a few indices clearly mention that their indices or funds investing in SDGs related securities, quite a few funds invest in firms following to CSR or ESG criteria. These facts are consistent with our assumption that investor base for the firms with SDGs contribution is higher than those without SDGs contribution. Under this assumption, demand curve of the firm with SDGs contribution is sifted to the right from the demand curve of the firm without SDGs as shown in Figure 1. As a result, equilibrium stock price of the firm with SDGs, S_{SDG} , is higher than the equilibrium stock price of the firm without SDGs, S_{NSDG} .

In this case, relationship between cash-based value and recognized value of the firm with and without SDGs contribution is expressed as

$$V_{NSDG} = V_{SDG} = v_{NSDG} < v_{SDG}$$

$$v_{SDG} = S_{SDG} \times Q, \quad v_{NSDG} = S_{NSDG} \times Q$$

where V_{SDG} and V_{NSDG} are cash-based value of the firm with SDGs and without SDGs, respectively, v_{SDG} and v_{NSDG} are recognized value of the firm with and without SDGs, respectively. Q is the number of share outstanding for both firms.

Thus, SDGs contribution by the firm could improve the recognized firm value without improving any cash flows or risks of the firm if SDGs could be attractive features of the corporations to the investors. In this sense, popularity of SDGs would be the matter. Bialkowski and Starks (2016) suggests that investment inflow to SRI are converged from 1999 to 2011. Same phenomena might be observed to SDGs in the future.

We need more research to validate this theory by polishing theoretical model and empirical analysis⁷. For

⁷ Merton (1987) theoretically shows that increase the invest base (e.g. investor's recognition improves the firm values through more investment in that firm. In the context of CSR or ESG, empirical findings suggest mixed results. Serafeim (2014a) shows that firms committing Integrated Reporting (IR) have more stable investor base. However, Serafeim (2014a) does not show the relationship between the number of stable investors and

corporate performance. Bialkowski and Starks (2016) shows that SRI funds have higher investment inflows than other types of funds in the US. Higher investment flow implies higher returns particularly in 2005-2011. They are consistent with the persistency of ESG scores of funds which have higher inflows. However, inflow to SRI funds are converged recently (1999-

example, this argument of the impact of investor base is inconsistent with Separation Theorem (Tobin 1958) and the Capital Asset Pricing Model (CAPM, Sharpe 1964 and Lintner 1965 etc.) which states that all investors' portfolio consists certain mutual funds and risk-free assets. However, these papers take risk and returns but not ESG factors into account. We need to carefully consider whether the CSR, ESG, and SDGs factors are priced in securities markets. In other words, it is important to consider how these factors improve or destroy the firm value. These factors might be associated with beta, but they might have original impact on the securities' prices. If latter is true, SDGs factors are priced, and our proposals make sense. As mentioned above, empirical findings show mixed results. We would like to continue to research on this matter.

4.2 Value Maximizers and Utility Maximizers

In order to test H5 and H6 (Firm values and its contribution to SDGs depend on the types of shareholders, value maximizers or utility maximizers), we would like to introduce other theoretical models. Concepts of the models are shown in Figure 2.

Arguments whether investors (shareholders) are value maximizers or utility maximizers are reasonable because as in the quote of Friedman (1970), investors previously just care about the profitability and the stock prices. In this case, investors are value maximizers whose utility function can be expressed as shown in the left side of Figure 2. However, recent movements of CSR, ESG, and SDGs are one of the evidences that investors come to care how the firms contribute to the society. Another evidence is that Toda, a Japanese construction corporation, issued green bond which offering annual interest rate of 0.27% while other 5-year BBB+ rated bond which is same as Toda's green bond have paid 0.33% interests on average according to Onish, Hanada, and Ban (2018). This difference of 0.06% (= 0.33% - 0.27%) could be considered as ESG premium paid by investors in order to contribute to make the environmentally friendly society. Investors are likely concerning both firm value and firm's commitment to the society, e.g., SDGs. In this case, investors are utility maximizers whose utility function is expressed as in the right side of Figure 2.

First of all, let us consider a case of a shareholder who is a value maximizer. That is, the shareholder only

cares about the recognized value of the corporation v_I , and do not care about the corporation I 's contribution to the J th SDG through CSR activities ($SDG_{I,J}$). In this case, utility function of the shareholder K , $U_K(v_I)$, or indifference curves given the level of utility, can be expressed as straight dashed lines as shown in the left side of Figure 2. Next, in order to consider possible combinations of $SDG_{I,J}$ and v_I , let us assume that the relationship between $SDG_{I,J}$ and v_I , can be expressed as U-shaped function (a solid line in Figure 2). We argue that this assumption is valid as emphasis on the CSR could improve the corporate value (Serafeim 2014b etc.), however, too much emphasis could destroy the corporate value (Kawamura and Nagata 2016). If this assumption is valid, an optimal point which maximizes $U_K(v_I)$ is the top of the U-shaped curve (a point labeled as Optimal in the left side of Figure 2).

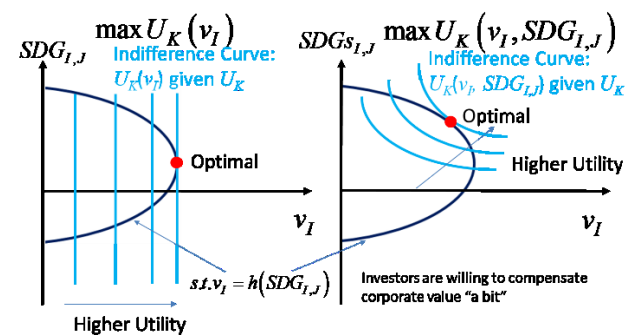


Figure 2: Utility functions of a firm value maximizer (left) and a utility maximizer (right)

Note: x axis is the recognized firm value (v_I) and y axis shows the firm I 's contribution to J th SDG ($SDG_{I,J}$) and the level of utility. Solid line indicates relationship between v_I and the $SDG_{I,J}$. Dashed lines indicate indifferent curves given the level of utility, U_K .

Second, let us consider another type of shareholder who is a utility maximizer, that is, the shareholder who cares both v_I and $SDG_{I,J}$. If this is the case, the shape of indifference curves is convex as expressed as dashed lines in the right side of Figure 2. It means that the shareholder allows the corporate to commit to CSR activities which destroy the firm value. In this case, an optimal point which maximizes $U_K(v_I, SDG_{I,J})$ is a point shown in the right side of Figure 1. The optimal point of the utility maximizer realizes lower v_I but higher $SDG_{I,J}$ than the optimal point

contributing the society aggressively attract more investors than firms do not do activities having bad impact on the society.

2011). We might need new types of ESG funds like SDGs related funds in order to attract investors. Berry (2013) argues that what kind of funds attract more investors and concludes that firms

of the firm value maximizer. If this is true, shares of this corporation might come to be popular by investors who concern SDGs. As a result, these firms might increase the investor base and could increase their stock price.

Now, let us consider the optimal amount of SDGs investment using numerical examples. First of all, let us assume the shareholder is a value maximizer who concerns only firm value. Furthermore, the relationship between contribution to SDGs and firm value can be expressed by quadratic function. We simply assume that the impact of SDGs investment by the firm on the firm value is deterministic. In this sense, $SDG_{I,J}$ can be considered as the value which is proportional to investment amount. The optimization problem is expressed as in equation (3).

$$\begin{aligned} \max_{v_I} U_K(v_I) = v_I \\ \text{s.t. } v_I = a + bSDG_{I,J} + cSDG_{I,J}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

where $U_K()$ is utility function of shareholder K . v_I is the firm value and we assume $v_I \geq 0$. $SDG_{I,J}$ is corporate I 's contribution to J th SDG. For simplicity, $SDG_{I,J}$ is measured as a score ranging from 0 to 100. 100 means that all of the corporate activities are associated with SDGs and 0 means that minimal contribution or negative contribution to SDGs. Relationship between $SDG_{I,J}$ and v_I is expressed as quadratic function as too much investment on SDGs would destroy the firm value (Fatemi, Fooladi, and Tehranian 2015⁸ and Kawamura and Nagata 2016). This implies that $a \geq 0$ as $v_I \geq 0$ and $c < 0$.

Thus, amount of $SDG_{I,J}$ which maximizes firm value (e.g. shareholder's utility) is $-b/2c$. For example, if we assume $a = 100$, $b = 1$, $c = -0.02$, $\gamma = 0.5$, contribution to SDGs which maximizes v_I is 25 and maximum v_I is 112.5.

Second, let us assume that the shareholder is a utility maximizer and concerns both realized value of the firm (v_I) and contribution to SDGs ($SDG_{I,J}$). We simply assume that the type of the utility function of shareholder K can be expressed as Cobb-Douglas utility function as in equation (4). The problem we need to solve is the optimization problem maximizing the utility of the shareholder shown in equation (4).

$$\begin{aligned} \max_{v_I, SDG_{I,J}} U_K(v_I, SDG_{I,J}) = v_I^\gamma SDG_{I,J}^{1-\gamma} \\ \text{s.t. } v_I = a + bSDG_{I,J} + cSDG_{I,J}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

where $U_K()$ is the utility function of the shareholder K . γ

represents how much the shareholder gain the utility from v_I . In other words, if $\gamma > (1 - \gamma)$, the shareholder put more weight on v_I and if $\gamma < (1 - \gamma)$, the shareholder put more weight on $SDG_{I,J}$. We further assume $0 < \gamma < 1$. It implies that that the shareholder is risk averse. According to Jensen's inequality, as the utility function is strictly concave,

$$U_K(E[v_I], SDG_{I,J}) > E[U_K(v_I, SDG_{I,J})] \quad \text{for any } SDG_{I,J}$$

$$U_K(v_I, E[SDG_{I,J}]) > E[U_K(v_I, SDG_{I,J})] \quad \text{for any } v_I.$$

While we do not consider uncertainty in v_I and $SDG_{I,J}$ in this paper, our utility function with $0 < \gamma < 1$ implies that the shareholder is risk averse. We would like to extend our analysis considering uncertainties in the future research paper. We also assume that amount of SDGs investment is positive.

Thus, SDGs investment amounts which maximize the firm value is

$$SDG_{I,J} = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac(1-\gamma)(1+\gamma)}}{2c(1+\gamma)}.$$

Proof is shown in the appendix.

For example, if we assume $a = 100$, $b = 1$, $c = -0.02$, and $\gamma = 0.5$, meaning that we assume that the SDGs and firm values are equally important for the shareholder. In this case, the optimal amount of investment in SDGs which maximizes the utility is 60.76 and v_I is 86.92. Comparing this result with the case of the value maximizer, SDGs investment increased from 25 to 60.76.

This result indicates that in order to achieve SDGs, we need to show that the significant and positive relationship between the firm value and SDGs investment to shareholders who are value maximizers because shareholders let manager to pursue SDGs to improve the firm value. This is true even for the utility maximizers. Actually, in case of utility maximizers, they invest more to SDGs. Changing the mind of investors so that they appreciate the contribution to SDGs might be important to achieve SDGs further through the investment.

However, in case of utility maximizers, more contribution to SDGs is achieved by compensating the firm value by 51.74 ($= 112.5 - 86.92$). The relationship between $SDG_{I,J}$ and v_I and U_K for utility maximizers is shown in Figure 3.

theoretical model.

⁸ Fatemi, Fooladi, and Tehranian (2015) shows that relationship between firm value and CSR investments are curvilinear by their

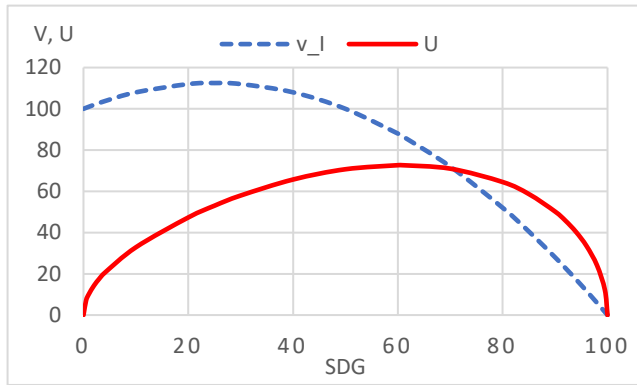


Figure 3: The impact of SDGs Investment on the Firm Value (v_I) and Shareholder K's utility (U_K)

Note: x axis shows the contribution to J th SDG by firm I ($SDG_{I,J}$), y axis shows the firm value (v_I) and the level of utility (U_K). Solid line indicates the v_I and dashed line indicates U_K .

We also conduct sensitivity analysis to consider how the shareholder's preference to SDGs contribution ($1-\gamma$) changes the level of $SDG_{I,J}$ maximizing the utility level as in equation (3). We assume $a = 100$, $b = 1$, $c = -0.02$, and $\gamma = 0.5$, same as previous examples. Results of sensitivity analysis is show in Table 2.

Table 2: Sensitivity Analysis: $SDG_{I,J}$ which maximizes U_K depending on γ .

γ	$1-\gamma$	$SDG_{I,J}$	v_I	U_K
1.0	0.0	25.00	112.50	112.50
0.9	0.1	34.05	110.86	98.52
0.8	0.2	41.25	107.22	88.57
0.7	0.3	47.85	102.06	81.31
0.6	0.4	54.28	95.35	76.11
0.5	0.5	60.76	86.92	72.67
0.4	0.6	67.47	76.42	70.92
0.3	0.7	74.57	63.36	71.01
0.2	0.8	82.21	47.04	73.52
0.1	0.9	90.61	26.42	80.10
0.0	1.0	100.00	0.00	100.00

Note: γ is a parameter of Cobb-Douglas utility function as in equation (3). $SDG_{I,J}$ is firm I 's contribution to J th SDG. v_I is the firm value. U_K is the utility level of the shareholder K .

According to Table 2, even though the shareholders are slightly concerned about the SDGs, that is, even if $1-\gamma$ is small, contribution to SDG significantly increases. If $1-\gamma$ changes from 0 to 0.1, $SDG_{I,J}$ increases from 25.00 to 34.05. However, it compensates the firm value by 1.64

(= 112.50-110.86).

We implicitly assume shareholders are both principal as investors and agents as managers who decide the investment to SDGs as implied by equation (3) and (4). However, in reality, this is not always the case. For example, shareholders might not be able to control or even observe whether managers make decisions appropriately in regard to SDGs contribution. In fact, Kawamura and Nagata (2016) finds that the impact of CSR on the firm value depends on the governance structure. We would like to extend our model and analysis considering principal-agent problem and information asymmetry in order to see how optimal combinations of the firm value and SDGs contribution differ for the managers and shareholders and also to consider how to make managers maximize the utility of the shareholders for future research.

4.3 Utility Maximizers who Care Number of Shares

Lastly, we would like to introduce interesting phenomena using simple theoretical model. Concepts and models are shown in Figure 4 and 5.

Analysis in this section is different from 4.2. We consider an individual investor who could control neither the amount of SDGs investment by the firm nor the firm value (e.g. stock price) in this section while we consider the investors who could control both SDGs contribution and the firm value in section 4.2.

First of all, let us assume that the individual investor cares both SDGs contribution and amount of cash in hand. We simply assume that cash in hand represents the utility provided by the consumption. We further assume that utility of the investor due to the SDGs contribution is proportional to the number of shares of the firm contributing to SDGs as shown in equation (5).

$$individual\ SDG_{I,J} = \frac{SDG_{I,J}}{Share\ Outstanding_I} \times Q \quad (5)$$

where $individual\ SDG_{I,J}$ indicates the amount of SDGs contribution by the individual investor, $Share\ Outstanding_I$ indicates the number of firm I 's share outstanding and Q is the number of shares held by the investor. We simply assume $SDG_{I,J} / Share\ Outstanding_I$ is constant. Q affects the utility of the individual investor due to the contribution to SDGs.

Please note that what the individual investor care is the number of shares but not the dollar amounts of the value of the shares invested. In other words, the individual investor cares amount of money in hand and the number of

shares they have. After monetizing the shares, it counts for the utility level of the individual investor. In this case, utility function of the individual investor is $U(M, Q)$ where M is amount of money in hand for future consumption. The utility level of the individual investor increases as the amount of money in hand increases or the number of shares increases as shown in equation (6).

$$\begin{aligned} \frac{\partial U(M, Q)}{\partial M} > 0, \quad \frac{\partial^2 U(M, Q)}{\partial M^2} < 0 \\ \frac{\partial U(M, Q)}{\partial Q} > 0, \quad \frac{\partial^2 U(M, Q)}{\partial Q^2} < 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Furthermore, a budget constraint line for the individual investor is expressed as equation (7).

$$I = M + PQ \text{ or } M = I - PQ \quad (7)$$

where I indicates the total budget the individual investor can use, P is the stock price of the firm contributing to SDGs.

Given the initial budget, I_0 , and the current stock price, P_0 , an initial budget constraint line is expressed as equation (8)

$$I_0 = M + P_0Q \text{ or } M = I_0 - P_0Q \quad (8)$$

The individual investor chooses the optimal combination of the amount of money, M_0 , and the number of shares, Q_0 so that $U(M_0, Q_0)$ is the maximum level of utility obtained by the individual investor given the initial budget constraint as in Equation (8). The initial optimal point, (M_0, Q_0) , is shown in Figure 4. (M_0, Q_0) is derived so that the point marginal rate of substitution and the slope of the budget line are equated as shown in equation (9).

$$-\frac{\frac{\partial U(M, Q)}{\partial Q}}{\frac{\partial U(M, Q)}{\partial M}} = -P \quad (9)$$

Here, let us consider how the change in the stock price in the future affects the optimal choice of cash in hand, M , and the number of shares, Q , and how the level of utility, $U(M, Q)$ given that the individual investor chooses (M_0, Q_0) as of now.

First, let us consider the case that stock price increases from P_0 to P_U . In this case, a new budget, I_U , will be $M_0 + P_U Q_0$. $P_U > P_0$ implies $I_U > I_0$. A new budget constraint line is shown as equation (10).

$$I_U = M + P_U Q \text{ or } M = I_U - P_U Q \quad (10)$$

Now, let us consider the optimal choice when the stock price goes up from P to P_U . In this case, the slope of

the budget constraint line will be steeper as its slope is equal to the stock price, P_U which is higher than P_0 , as shown in equation (8) and (10). A new optimal point will be (M_U, Q_U) as shown in Figure 4. That is, more money is in hand while a smaller number of shares held because $Q_U < Q_0$ and $M_U > M_0$. This result indicates that the individual investor can achieve higher level of utility by selling more shares and use more money for the consumption as the stock price goes up. In other words, the indifference curve which touches the new budget line is located further than the initial optimal point as shown in Figure 4. In short, $U(M_U, Q_U) > U(M_0, Q_0)$.

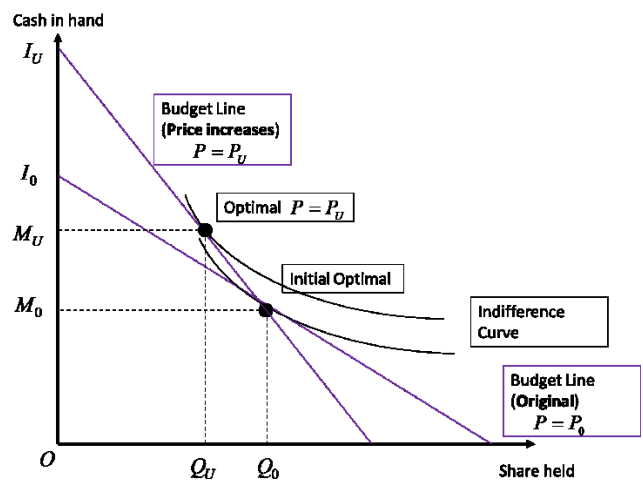


Figure 4: Budget Lines and Indifference Curves when Stock Price Goes up

Note: x axis shows the number of shares held by the individual investor (Q). y axis shows the amount of money held by the individual investor (M). Subscripts of 0 and U indicate the initial level and the time stock price going up, respectively. Straight lines show the budget constraint lines. One of them is the initial budget constraint line, $M = I_0 - P_0Q$, and the other is the new budget constraint when stock price goes up, $M = I_U - P_UQ$. P_0 (P_U) indicates the initial stock price (stock price when going up). I_0 (I_U) indicates the initial budget (the budget when stock price goes up). Curves are indifference curves. Utility function is described as $U(M, Q)$. We assume that individual investors care about the number of shares but not the amount of money invested in the share of the firm contributing to SDGs.

Next, let us consider the case the stock price goes down from P_0 to P_D . In this case, a new budget, I_D , will be $M_0 + P_D Q_0$. $P_D < P_0$ indicates $I_D < I_0$. A new budget constraint line is expressed as equation (11).

$$I_D = M + P_D Q \text{ or } M = I_D - P_D Q \quad (11)$$

In this case, the slope of the budget constraint line will be less steep as its slope is P_D which is smaller than P_0 as in Equation (8) and (11) and Figure 5. A new optimal point given the budget constraint shown in Equation (11) will be (M_D, Q_D) . That is, the investor can achieve higher level of utility by buying more cheap shares of the firm contributing to SDGs and hold less money for the consumption as shown in Figure 5 because $Q_D > Q_0$ and $M_D < M_0$. In short, $U(M_D, Q_D) > U(M_0, Q_0)$.

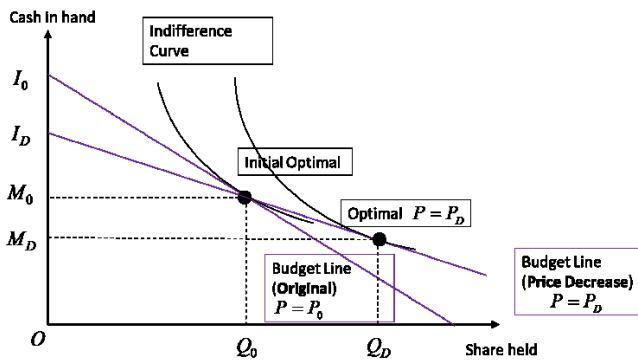


Figure 5: Budget Lines and Indifference Curves when Stock Price Goes down

Note: x axis shows the number of shares held by the individual investor (Q). y axis shows the amount of money held by the individual investor (M). Subscripts of 0 and D indicate the initial level and the time stock price going down, respectively. Straight lines show the budget constraint lines. One of them is the initial budget constraint line, $M = I_0 - P_0Q$, and the other is the new budget constraint when stock price goes down, $M = I_D - P_DQ$. P_0 (P_D) indicates the initial stock price (stock price when going down). I_0 (I_D) indicates the initial budget (the budget when stock price goes down). Curves are indifference curves. Utility function is described as $U(M, Q)$. We assume that individual investors care about the number of shares but not the amount of money invested in the share of the firm contributing to SDGs.

Thus, as shown in Figure 4 and 5, we can conclude that $U(M_D, Q_D) > U(M_0, Q_0)$ and $U(M_D, Q_D) > U(M_0, Q_0)$. That is, individual investors feel happier than now no matter the price of the share goes up or down assuming the individual investor's utility level depends on the number of shares rather than amount of money invested in the firms contributing to SDGs. If the stock price goes up (down), individual investors could achieve higher level of utility by selling (buying) shares of the firm contributing to SDGs and having more (less) money for the future consumption. Securities corporations might be willing to sell these kinds of shares or funds to individual investors as the stock price

movement would not be the issue in this case.

5. Proposals

Our analysis and empirical research suggest that we need further analysis in regard to firm's contribution to SDGs and its impact on the firm value. In order to enhance the SDGs, there is no doubt that the research on the relationship between the firm value and the firm's contribution to SDGs is essential. While a lot of previous research attempts to answer this question, channels of the value increment due to the SDGs contribution must be considered. The channels are summarized as bullet points below.

1. SDGs change cash-based firm value?
 - 1-1. SDGs change cash flow?
 - 1-2. SDGs change market risk premium?
 - 1-2. SDGs change life span of the firm?
2. SDGs change recognized firm value?
 - 2-1. SDGs change investor base?
3. What is the expected consequence?
 - 3-1. SDGs improve both cash-based and recognized firm value?
 - 3-2. SDGs destroy cash-based firm value but improve recognized firm value ($-\Delta\text{cash-based value} < \Delta\text{recognized value}$)?
 - 3-3. SDGs destroy cash-based firm value and recognized firm value ($-\Delta\text{cash-based value} > \Delta\text{recognized value}$)?
 - 3-4. $-\Delta\text{cash-based value} = \Delta\text{recognized value}$
4. How each SDG is interconnected?
 - 4-1. Both SDGs have positive relation each other and positive impact on the firm value?
 - 4-2. Both SDGs have positive relation but one of them has negative impact on the firm value?

A plethora of research analyze the impact of CSR, ESG, and SDGs on the firm value using the rate of returns. However, it might overlook the SDGs' positive impact on the recognized value which is offset by the negative impact on the cash-based value. This phenomenon is still desirable as the stock markets enhance the achievement of SDGs as the shareholders and investors prefer to invest in the firms contributing to SDGs.

In order to enable these analysis, construction of the measurement of SDGs contribution is vital. We need to measure the level of firms' activities associated with SDGs

and how much these activities have impact on one of or some SDGs.

Additionally, construction of financial schemes associated with SDGs contribution would be helpful. World bank issued Notes Linked to SDGs index in March 2017. However, the payoff is related to the stock returns of the firm pursuing to SDGs, not the measures associated with SDGs contribution. This bond would not work well to make firms to contribute SDGs in order to attract more investors who care the contribution to SDGs (Moridaira, Ito, and Kobayashi 2018). If the cash flow from the securities are associated with SDGs, investors more carefully analyze how these securities provide the payoffs, how corporate contribute to SDGs. Firms come to consider the SDGs activities in order to attract investors. Alternatively, we could offer the incentives to managers so that they pursue SDGs. A possible incentive is that managers' salary level is associated with both firm value and SDGs contribution so that firms' activities maximize the utility of shareholders who are utility maximizers. As a result, the firm value could improve due to the SDGs through market system.

Lastly, we need to consider the investor and shareholder's preference on the SDGs contribution in comparison to the firm value is important. How they weight on SDGs contribution and the rate of returns when investing must be further analyzed. We could come up with the way to attract investors. If investors weight more on SDGs, brokers could stress the investment allows them to contribute to SDGS through investment. If investors weight more on the firm value, brokers could appeal more SDGs contribution imply higher returns.

Therefore, the construction of SDGs indices of the firm level and understanding the utility of investors are vital.

6. Conclusion and Future Research

Previous empirical research and our theoretical consideration suggest that firm's contribution to SDGs might have positive impacts on the firm value (Khan, Serafeim, and Yoon 2016 etc.). In this case, firms naturally contribute to SDGs in order to improve the firm value and also our analysis shows that SDGs could be achieved somehow as shown in Figure 2. In this case, conducting the research showing the positive relationship between the firm value or profitability and SDGs contribution might be effective to let managers commit SDGs activities.

Alternatively, constructing the finance scheme aligning with SDGs contribution and the firm value might work.

However, if we desire firms to contribute SDGs more, achievement of SDGs depend on the mind of the shareholders, that is, whether their utility function depends on the level of contribution to SDGs through the investment. As shown in Table 2, if the shareholders concern more about SDGs contribution, SDGs will be achieved more. In other words, too much investment in SDGs might happen. This phenomenon is consistent with the empirical findings (Kawamura and Nagata 2016). We need further research how the SDGs are associated with the firm values.

As for future research, we would like to continue to work on the creation of SDGs index in order to measure each firm's contribution to each SDG by considering the interrelatedness among SDGs. Furthermore, we would like to analyze how the firm value is increased by SDGs contribution by decomposing the firm value in to cash-based and recognized value. In other words, how SDGs affect the cash flow, risks, life span, and investor base. We also would like to research how the corporations can have incentives to pursue both firm value and SDGs. Lastly, based on these analyses, we would like to develop the securities pricing model incorporating not only returns and market risks but also CSR, ESG, and SDGs dimension considering the utility of investors to these factors.

Reference

1. Attig, Najah, Sadok El Ghoul, Omrane Guedhami, and Jungwon Suh, 2013, Corporate Social Responsibility and Credit Ratings, *Journal of Business Ethics*, 117(4), 679-694.
2. Barnett, Michael L. and Robert M. Salomon, 2006, Beyond Dichotomy : The Curvilinear Relationship between Social Responsibility and Financial Performance, *Strategic Management Journal*, 27(11), pp. 1101-1122.
3. Białkowski, Jędrzej and Laura T. Starks, 2016, SRI Funds: Investor Demand, Exogenous Shocks and ESG Profiles, *Working Papers in Economics 16/11*, University of Canterbury, Department of Economics and Finance.
4. Berry, Thomas and Joan C. Junkus, 2013, Socially Responsible Investing: An Investor Perspective, *Journal of Business Ethics*, 112 (4), pp. 707-720.

5. Carrol Archie B., 1991, The Pyramid of Corporate Social Responsibility : Toward Moral Management of Organization, *Business Horizons*, 34(4), pp. 39-48.
6. Carroll Archie B., 2008, A History of Corporate Social Responsibility: Concepts and Practices. In Andrew Crane, Abigail McWilliams, Dirk Matten, Jeremy Moon & Donald Siegel (eds.) *The Oxford Handbook of Corporate Social Responsibility*. Oxford University Press, pp. 19-46.
7. Fama, Eugene F. And Kenneth R. French, 1993, Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds, *Journal of Financial Economics*, 33(1), pp. 3-56.
8. Friedman, Milton, 1970, The Social Responsibility of Business is to Increase its Profits, *The New York Times Magazine* (September 13th, 1970).
9. Fatemi, Ali, Iraj Fooladi, and Hassan Tehrani, 2015, Valuation effects of corporate social responsibility, *Journal of Banking and Finance*, 59, 182-192.
10. Gender Equality Bureau Cabinet Office (GEBCO), 2015, Report on the Visualization of the Situations of Female Employment and Use Situation of Non-Financial Information, in Japanese. (内閣府男女共同参画局(2015), 平成 27 年度事業 : 資本市場における女性の活躍状況の「見える化」と女性活躍情報を中心とした非財務情報の投資における活用状況に関する調査報告書)
11. Ghoul, Sadok El, Omrane Guedhami, and Yongtae Kim, Country-level Institutions, Firm Value, and the Role of Corporate Social Responsibility Initiatives, *Journal of International Business Studies*, 48(3), pp. 360-385.
12. High-Level Expert Group on Sustainable Finance 2017, Financing A Sustainable European Economy, Interim Report, July 2017.
13. Husted, Bryan W., 2005, Risk Management, Real Options, Corporate Social Responsibility, *Journal of Business Ethics*, 60(2), pp. 175-183.
14. Ito, Haruyoshi, 2018, Finance Cases related to SDGs (Sustainable Development Goals) and Proposals for Local Revitalization, Riverbank Report, 22, pp. 2-9 in Japanese. (伊藤晴祥, 2018, SDGs (持続可能な開発目標)に関連したファイナンス事例と地方創生への提言, リバーバンクレポート, 22, pp. 2-9.)
15. Jha, Saumitra and Moses Shayo, 2016, Financial Market Exposure Raises Support for Peace, *The Political Economist*, 12(1), pp. 10-12.
16. Jo, Hoje and Haejung Na, 2012, Does CSR Reduce Firm Risk? Evidence from Controversial Industry Sectors, *Journal of Business Ethics*, 110(4), pp. 441-456.
17. Kawamura, Toru and Kyoko Nagata, 2016, CSR Performance and Firm Value : Impacts of Monitoring by Shareholders, *Securities Analyst Journal*, 54(7), pp. 15-25 in Japanese. (川村通/永田京子, 2016, CSR パフォーマンスと企業価値—株主によるモニタリングの影響—, 証券アナリストジャーナル, 54(7), pp. 15-25.)
18. Khan, Mozaffar and Serafeim, George and Yoon, Aaron, Corporate Sustainability: First Evidence on Materiality (November 9, 2016). *The Accounting Review*, 91(6), pp. 1697-1724.
19. Lintner, John, 1965, The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets, *Review of Economics and Statistics*, 47(1), pp. 13-37.
20. GRI, UN Global Compact, and wbcSD, 2015, SDGs Compass: The guide for business action on the SDGs https://sdgcompass.org/wp-content/uploads/2015/12/019104_SDG_Compass_Guide_2015.pdf
21. Goss, Allen and Gordon S. Roberts, 2011, The Impact of Corporate Social Responsibility on the Cost of Bank Loans, *Journal of Banking & Finance*, 35(7), pp. 1794-1810.
22. Lins, Karl V., Henri Servaes, and Ane Tamayo, 2017, Social Capital, Trust, and Firm Performance: The Value of Corporate Social Responsibility during the Financial Crisis, *Journal of Finance*, 72 (4), pp. 1785-1824.
23. Merton, Robert C., 1987, A Simple Model of Capital Market Equilibrium with Incomplete Information, *Journal of Finance*, 42(3), pp. 483-510.
24. Moridaira, Soichiro, 2018, SDGs and Finance : Achieving SDGs needs 4 billion USD, Conference Proceedings of Japanese Association of Finance for Sustainable Development in Japanese. (森平爽一郎 (2018), SDGs と金融—SDGs 目標達成には 4 兆ドルが必要—, 金融 SDGs 研究会第 1 会定例会講演資料.)
25. Moridaira, Soichiro, Haruyoshi Ito, and Hiroki Kobayashi, 2018, An Analysis of Notes Linked to the Solactive Sustainable Development Goals world RC EUR Index issued by World Bank, Communications of Japanese Association of Real Options and Strategy,

- 10(2), *forthcoming* in Japanese. (森平爽一郎, 伊藤晴祥, 小林弘樹, 2018, 持続可能な開発目標推進企業の株価に連動する世銀債の価値分析, リアルオプションと戦略, 10(2), 近刊予定)
26. Ogata, Nobuyuki, 2016, Investment Philosophy of Social Responsible Investment and its Performance, *Dobunkan Shuppan in Japanese*. (小方信行(2016)、社会的責任投資の投資哲学とパフォーマンス、同文館出版.)
27. Orlitzky, Mark and John, D. Benjamin, 2001, Corporate Social Responsibility and Firm Risk: A Meta-analytic Review, *Business and Society*, 40(4), pp. 369-396.
28. Onishi, Kohei, Yukinori Hanada, and Kazusa Ban, 2018, Japan plays catch-up with world leader China in green bonds, *Nikkei Asian Review*, January 6th. <https://asia.nikkei.com/Business/Markets/Capital-Markets/Japan-plays-catch-up-with-world-leader-China-in-green-bonds>.
29. Sachs, Jeffrey, Guido Schmidt-Traub, Christian Kroll, David Durand-Delacré, and Katerina Teksoz, 2017, *SDG Index and Dashboards Report 2017*, New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN).
30. Sharpe, William F., 1964, Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk, *Journal of Finance*, 19(3), pp. 425-442.
31. Shirasu, Yoko, 2011, Features of SRI related stocks performance, *Securities Analyst Journal*, 49(5), pp. 19-28. (白須洋子(2011), SRI 関連株の中長期パフォーマンスの特徴について, 証券アナリストジャーナル, 49(5), pp. 19-28.)
32. Serafeim, George, 2014a, Integrated Reporting and Investor Clientele. *Harvard Business School Working Paper*, No. 14-069, February 2014.
33. Serafeim, George, 2014b, Turning a Profit While Doing Good: Aligning Sustainability with Corporate Performance. *Governance Studies*, The Initiative on 21st Century Capitalism, 19, Brookings Institution, December 2014.
34. Teikoku Databank, 2009, Conditions of Corporations Surviving more than 100 years, *Asahi Shinsho*, in Japanese. (帝国データバンク、2009、百年続く企業の条件 老舗は変化を恐れない、朝日新書.)
35. Tobin, James, 1958, Liquidity preference as behavior towards risk, *Review of Economic Studies*, 25(1), pp. 65-86.
36. Wen, Hui, 2017, Global Corporate Social Responsibility Reporting Regulation: Drivers and Impacts on Sustainable Development, *Working paper*.
37. Yamada, Toru, Taketo Usui, and Shingo Goto, 2017, Performance of Employee Friendly Corporations, 55(11), pp. 75-86. (山田徹/臼井健人/後藤晋吾, 2017, 働きやすい会社のパフォーマンス, 証券アナリストジャーナル, 55(11), pp. 75-86.)
38. Zhou, Zin and Mustafa Moinuddin, 2017, Sustainable Development Goals Interlinkages and Network Analysis: A practical tool for SDG integration and policy coherence, *IGES Research Report*.

Appendix

A.1 17 Goals of SDGs

1. No Poverty
2. Zero Hunger
3. Good Health and Well-Being
4. Quality of Education
5. Gender Equality
6. Clean Water and Sanitation
7. Affordable and clean Energy
8. Decent Work and Economic Growth
9. Industry Innovation and Infrastructure
10. Reduced Inequalities
11. Sustainable Cities and Communities
12. Responsible Consumption and Production
13. Climate Action
14. Life below Water
15. Life on Land
16. Peace, Justice and Strong Institutions
17. Partnership for the Goals

A.2 Proof of Optimization Problem

If a shareholder is utility maximizer, that is, he/she concerns both firm value (v_I) and SDGs. Optimization problem we would like to solve is as in equation (4).

$$\begin{aligned} \max_{v_I, SDG_{I,J}} U_K(v_I, SDG_{I,J}) &= v_I^\gamma SDG_{I,J}^{1-\gamma} \\ \text{s.t. } v_I &= a + bSDG_{I,J} + cSDG_{I,J}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Taking natural logarithms of both side of equation (4) changes the maximization problem as

$$\begin{aligned} \max_{v_I, SDG_{I,J}} U_K &= \gamma \ln(v_I) + (1-\gamma) \ln(SDG_{I,J}) \\ \text{s.t. } v_I &= a + bSDG_{I,J} + cSDG_{I,J}^2 \end{aligned} \quad (A1)$$

As taking natural logarithms is monotonic transformation,

solution to equation (4) and (A1) are exactly same.

$SDG_{I,J}$ which possibly maximize the utility of the shareholder (U_K) implies

$$\frac{\partial U_K}{\partial SDG_{I,J}} = \frac{\gamma}{v_I} \frac{\partial v_I}{\partial SDG_{I,J}} + \frac{(1-\gamma)}{SDG_{I,J}} = 0$$

$$\frac{\partial v_I / v_I}{\partial SDG_{I,J} / SDG_{I,J}} = -\frac{1-\gamma}{\gamma} \quad (A2)$$

Left-hand side of Equation (A2) is SDGs elasticity of firm value. Equation (A2) indicates that if the investment to SDGs increases by 1%, the firm value would increase by $-(1-\gamma)/\gamma$. $0 < \gamma < 1$ implies that the elasticity is always negative at the optimal which maximizes the utility of the shareholder. Absolute value of the elasticity is bigger as γ , weight on the firm value, decreases. In other words, if the combination of SDGs investment and the firm value is optimal, further investment to SDGs destroy the firm value at the rate of $-(1-\gamma)/\gamma$. This rate is higher as the weight on the SDGs is higher and the weight on the firm value is lower.

Furthermore, from the constraint from equation (A1),

$$\frac{\partial v_I}{\partial SDG_{I,J}} = b + 2cSDG_{I,J}$$

By substituting this to equation (A2), we obtain

$$(b + 2cSDG_{I,J}) \frac{SDG_{I,J}}{a + bSDG_{I,J} + cSDG_{I,J}^2} = -\frac{(1-\gamma)}{\gamma}$$

$$bSDG_{I,J} + 2cSDG_{I,J}^2 + \frac{(1-\gamma)}{\gamma}(a + bSDG_{I,J} + cSDG_{I,J}^2) = 0$$

$$(1-\gamma)a + bSDG_{I,J} + c(1+\gamma)SDG_{I,J}^2 = 0$$

Solution to this equation is

$$SDG_{I,J} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac(1+\gamma)(1-\gamma)}}{2c(1+\gamma)}.$$

As $c < 0$, thus, $SDG_{I,J}$ which possibly maximize the utility of the shareholder is

$$SDG_{I,J} = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac(1-\gamma)(1+\gamma)}}{2c(1+\gamma)}.$$

$a > 0$ and $c < 0$ imply

$$b^2 - 4ac(1-\gamma)(1+\gamma) \geq 0, \text{ we always have the solution.}$$

Finally, $a > 0$ and $0 < \gamma < 1$ imply that second order condition of the maximization problem,

$$\frac{d^2 U_K}{dSDG_{I,J}^2} < 0,$$

is always satisfied.

Therefore, solution to equation (4) maximizes the utility of the shareholder.

学会だより

機関紙への原稿募集

日本リアルオプション学会の機関誌「リアルオプションと戦略」は、学会員のための情報誌、コミュニケーションの場として、そして、社会へ向けての価値ある情報発信のメディアたることを目指します。掲載記事の種類を多様化して、紹介、解説、書評、研究メモ、論説、所用、研究サーベイ、査読論文のカテゴリーでの投稿を公募致します（2015年度からは、年4回刊行の季刊）。

査読付き論文（short paper）は査読付きであることを機関誌目次と掲載ページの最初に明記します。査読は、実務上の有用性、提供情報の意義と充実度、論文理解容易度など、論文誌とは、別の視点からの査読がなされます。査読は、1か月以内に完了します。査読を希望する論文は、その希望を明示してください。ご投稿は、案内ページ http://www.realopn.jp/prep_page8.htm からお願い致します。記事の分量は、規定のフォーマット10ページ以内を目安にお願い致します。

本誌の各号は会員限定の刊行後、3か月を経過してからインターネット上の電子ジャーナルプラットフォーム「J-STAGE」に登載します。これにより本誌掲載の記事は、Google Scholar などからも検索可能となり、社会に向けて広く情報発信されます。なお、各記事には DOI (Digital Object Identifier) が登録され、国内外から恒久的にアクセスが保証される公開記事となります。

編集後記

第10巻第1号は、発行が遅れて11月になってしまいましたことお詫び申し上げます。本号はSDGs特集号として、SDGsに関する査読論文を3本掲載し充実した内容となっております。今後も、コモディティファイナンスなど様々な特集を組んで発刊して参ります。ご期待ください。

伊藤 晴祥

日本リアルオプション学会法人会員リスト

日本リアルオプション学会は以下の法人の方からのサポートを受けています。

株式会社 シーエスデー
株式会社 アーク情報システム
株式会社 構造計画研究所
同志社大学大学院ビジネス研究科
株式会社 サンセイランディック
日本管理センター 株式会社
株式会社 翻訳センター
ダイドーグループホールディングス 株式会社
株式会社 大和コンピューター
株式会社 メディカルシステムネットワーク
ベステラ 株式会社
日東精工 株式会社

日本リアルオプション学会機関誌 リアルオプションと戦略 第10巻 第1号
2018年11月1日 発行 (機関誌編集委員会) 委員長： 森平爽一郎 委員： 高森寛、中岡英隆、佐藤清和、伊藤晴祥 発行所 日本リアルオプション学会 THE JAPAN ASSOCIATION OF REAL OPTIONS AND STRATEGY 事務業務担当： 〒104-0033 東京都中央区新川2-22-4 新共立ビル2F 電話： 03-3551-9893 FAX: 03-3553-2047

Reviewed Papers, Vol. 10, No. 1

- Sustainable Development Goals Implementation in an Evolving Global
Development Finance Landscape
[Bate Moses Ayuk] ————— 16
- An Analysis of Notes Linked to the Solactive Sustainable Development
Goals world RC EUR Index issued by the World Bank
[Soichiro Moridaira, Haruyoshi Ito, Hiroki Kobayashi] ————— 29
- Analysis of Impacts of SDGs Activities on Firm Value and Utility:
Proposals of SDGs Finance and Indices in Japan
[Haruyoshi Ito] ————— 42