

Title	ロボット技術を活用した介護における労働生産性の向上： 超高齢社会およびその後の社会の発展に向けて
Sub Title	
Author	安部, 義隆(Abe, Yoshitaka) 石川, 繁樹(Ishikawa, Shigeki)
Publisher	慶應義塾大学 博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型「超成熟社会発展のサイエンス」事務局
Publication year	2017
Jtitle	超成熟社会発展のための政策提言書 (2017.) ,p.[1]- 21
JaLC DOI	
Abstract	<p>超成熟社会の大きな特徴の一つとして、超高齢化が挙げられる。超高齢化に伴い生産年齢人口が大きく減り、労働の供給の減少により労働力不足がさらに深刻化することが予想される。特に、介護の分野において労働力不足が顕著になると見込まれる。介護は高齢者が対象となるサービスであり、労働の供給の減少に加えて労働の需要の増加が予想されるためである。</p> <p>本稿では、介護における労働生産性の向上を提言する。外国人労働者による労働人口の補填というアプローチもあるが、言語や文化の違い等課題も多く存在する。本提言では、テクノロジーを活用して一人あたりの労働生産性を高めるアプローチを採用する。本アプローチのメリットとして、解となる介護機器およびサービスが確立した際に、これから超高齢化を迎える国々にそれらを輸出することができるという点が挙げられる。将来人口推計を基に今後必要となる生産性の向上率を計算すると、2040年までに約1.5倍、2060年までには1.7倍となる。一方で、歩行リハビリテーションの時間を大幅に削減し効果も高めるロボット等、テクノロジーの観点でのシーズ技術は育ちつつある。しかし、ロボットを導入することで経営収支が赤字になってしまうことが普及のボトルネックとなっている。資金の調達には国からの予算が可能なら望ましいが、財政赤字下で更なる大きな投資は難しい。</p> <p>そこで具体的な提言として、ソーシャルインパクトボンドを用いた民間からの資金調達法を提言する。本制度では、政府は目標成果と報酬の対応表の作成と体制の設立を行うのが主で、目標達成に向けた具体的な努力はサービス提供者を引き受けた企業が担う。また、目標が達成されなかった場合、政府は報酬を支払わないまたは一部のみ支払うという制度のため、政府として損失を生むことはほとんどない。本提言では、提案の実現性を高めるため、数式に基づく主要な数値の算定方法も取り扱う。</p> <p>提言先としては、経済産業省製造産業局産業機械課ロボット政策室を想定している。 [図表]</p>
Notes	政策提言書4
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO12005001-00002017-0070

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

ロボット技術を活用した介護における労働生産性の向上
～超高齢社会およびその後の社会の発展に向けて～

慶應義塾大学大学院 理工学研究科 博士課程

安部 義隆

メンター

慶應義塾大学 理工学研究科 特任教授（非常勤）

日本アイ・ビー・エム株式会社 研究開発 成長戦略担当

石川 繁樹

1. 概要

超成熟社会の大きな特徴の一つとして、超高齢化が挙げられる。超高齢化に伴い生産年齢人口が大きく減り、労働の供給の減少により労働力不足がさらに深刻化することが予想される。特に、介護の分野において労働力不足が顕著になると見込まれる。介護は高齢者が対象となるサービスであり、労働の供給の減少に加えて労働の需要の増加が予想されるためである。

本稿では、介護における労働生産性の向上を提言する。外国人労働者による労働人口の補填というアプローチもあるが、言語や文化の違い等課題も多く存在する。本提言では、テクノロジーを活用して一人あたりの労働生産性を高めるアプローチを採用する。本アプローチのメリットとして、解となる介護機器およびサービスが確立した際に、これから超高齢化を迎える国々にそれらを輸出することができるという点が挙げられる。将来人口推計を基に今後必要となる生産性の向上率を計算すると、2040年までに約1.5倍、2060年までには1.7倍となる。一方で、歩行リハビリテーションの時間を大幅に削減し効果も高めるロボット等、テクノロジーの観点でのシーズ技術は育ちつつある。しかし、ロボットを導入することで経営収支が赤字になってしまうことが普及のボトルネックとなっている。資金の調達には国からの予算が可能なら望ましいが、財政赤字下で更なる大きな投資は難しい。

そこで具体的な提言として、ソーシャルインパクトボンドを用いた民間からの資金調達法を提言する。本制度では、政府は目標成果と報酬の対応表の作成と体制の設立を行うのが主で、目標達成に向けた具体的な努力はサービス提供者を引き受けた企業が担う。また、目標が達成されなかった場合、政府は報酬を支払わないまたは一部のみ支払うという制度のため、政府として損失を生むことはほとんどない。本提言では、提案の実現性を高めるため、数式に基づく主要な数値の算定方法も取り扱う。

提言先としては、経済産業省製造産業局産業機械課ロボット政策室を想定している。



内容

1. 概要.....	1
2. ビジョン（社会的課題解決への理念）	3
3. 今、提言する必要性（現状の分析と問題の定量化）	4
3. 1 介護サービスの現状と問題点	4
3. 2 従来施策と提案するアプローチ.....	6
3. 3 今後の予測からバックキャスト的に考えた際の労働生産性の目標数字.....	7
4. 提言の具体的内容と推進方法	10
4. 1 ソーシャルインパクトボンドの概要	10
4. 2 提案のソーシャルインパクトボンド	11
5. 実現性.....	12
5. 1 独立評価機関の実現性：成果指標およびその算出式の定義.....	12
5. 2 行政と中間支援組織の実現性：成果と報酬の対応表の作成.....	13
5. 3 サービス提供の実現性：介護ロボットによる生産性の向上の事例.....	15
6. まとめ.....	20

2. ビジョン（社会的課題解決への理念）

超成熟社会における特徴の一つとして、**超高齢化**が挙げられる。超高齢社会では、マクロ経済のセクター(政府、家計、企業)の関係は図 2-1 のように変化する。家計の高齢化は、政府との関係において税収の減少および社会保障の増加をもたらす。家計と企業との関係においては、労働力が減少し労働力不足が問題となる。

超高齢社会の本傾向は、医療介護分野において特に深刻となる。社会全体としての**労働人口が減少していく**状況にもかかわらず、**労働需要は増加していく**。このように、限られた労働力でより多くの仕事をこなさなければならないという状況で医療介護サービスを持続していくためには、**医療介護サービスにおける一人当たりの生産性を高めることが必要**である。

本課題に対する一つのソリューションとして、ロボットを用いた生産性改善とその促進施策を提案する。実際、すでに医療介護サービスの生産性を高めるロボットは既に存在している。外科手術ロボットのダヴィンチや、外骨格型装着ロボット HAL などその例である。これらのロボットを社会に普及させ、医療介護分野において求められる生産性を実現させるまでのシナリオを議論する。特に、本提言では**近年労働需要が大きく向上している介護労働**について議論する。

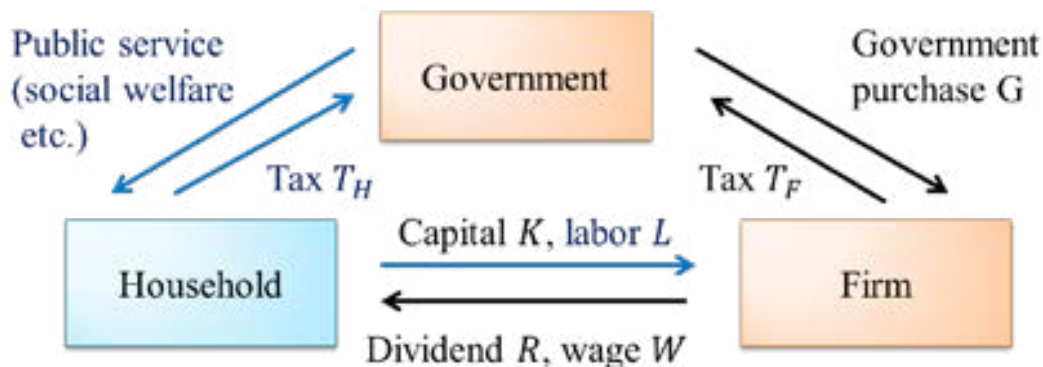


図 2-1 超高齢社会におけるマクロ経済セクター間の相互作用



図 2-2 医療介護ロボット（左：外科手術ロボット da Vinci、右：HAL）

3. 今、提言する必要性（現状の分析と問題の定量化）

3. 1 章では、介護サービスの現状と問題点を述べる。具体的には、介護の生産性の向上が問題点となる。3. 2 章では、今後の予測からバックキャスト的に考えた際の生産性の目標数字を議論する。

3. 1 介護サービスの現状と問題点

超高齢社会では、図 3-1 のように長寿化に伴い要介護者数が増大している。2000 年では約 200 万人程度であったが、2016 年現在では 600 万人を超え約 3 倍にまで増加していることが分かる。図 3-1 において、要介護数の増加に合わせて介護職員の数も増加していることが分かる。図 3-1 の介護職員一人当たりの要介護数は 2000 年時に $218 \div 54.9 = 4.0$ 人であるのに対し 2013 年は $564 \div 170.8 = 3.3$ 人となっている。介護サービス需要（要介護数）の絶対数は増えているにもかかわらず、介護職員一人当たりの効率は下がっていると解釈することができる。介護職員の労働の効率の低下に繋がりうる一つの問題として、正社員の高い離職率等が考えられている。入社しては辞めるという状況が多くなると、人を育てることができず生産性を上げることが難しい。現時点でさえ労働力不足による過労が推測される。



図 3-1 介護職員と要介護数の推移 [1,2]



図 3-2 有効求人倍率の推移 [2]



図 3-3 介護職員が不足している施設の割合 [1]

図 3-2 に全業種と介護職の有効求人倍率の推移を示す。介護職の有効求人倍率は常に 1 よりも大きく、また全業種のものよりも常に上回っており、リーマンショック以降また単調な増加を続けている。労働需要の大きさがうかがえる。図 3-3 に示す厚労省のデータにおいても、介護職員の不足を抱える介護施設の割合は年々増加しており、平成 25 年現在でも約 25 %にも高まっていることが示されている。本データからも、ビジョンで述べた**労働需要が供給を大きく上回るという事態が年々深刻化している**ことがわかる。

3. 2 従来施策と提案するアプローチ

3. 1章において、現時点でさえ介護職の労働力が不足していることを示した。先の議論からも、生産年齢人口が減る中で労働者の絶対数を増やしていくことは困難である。一つのアプローチとして、外国人労働者を活用した介護人材の確保が考えられる。しかし、言語や文化の違い等の障壁が存在し、本施策だけで解決するとは限らない。本提言では、**テクノロジーを活用して生産性を高めるアプローチ**にフォーカスする。日本は超高齢社会という課題先進国であり、ロボット等の最先端テクノロジーも多く有する。超高齢社会における**介護労働不足という課題に対して解となる介護機器とそのサービスを確立しておけば、諸外国が超高齢化を迎えた際にそれらを輸出することができる**。外貨を獲得することができ、そこから税収を得ることができる。外貨に基づく税収は、財政赤字の低減への重要な貢献となりうる。世界の高齢化の推移の推計値を図3-4に示す。日本の人口は約1億人、高齢化率は2015年現在で26%である。絶対的な数としては約2600万人である。一方で例えば中国の場合、人口は13億人、現在の日本と同じ高齢化率26%となるのは2045年と予測されている。その際の高齢者の絶対数は約3.4億人である。介護の将来の世界的な潜在的需要は大きい。

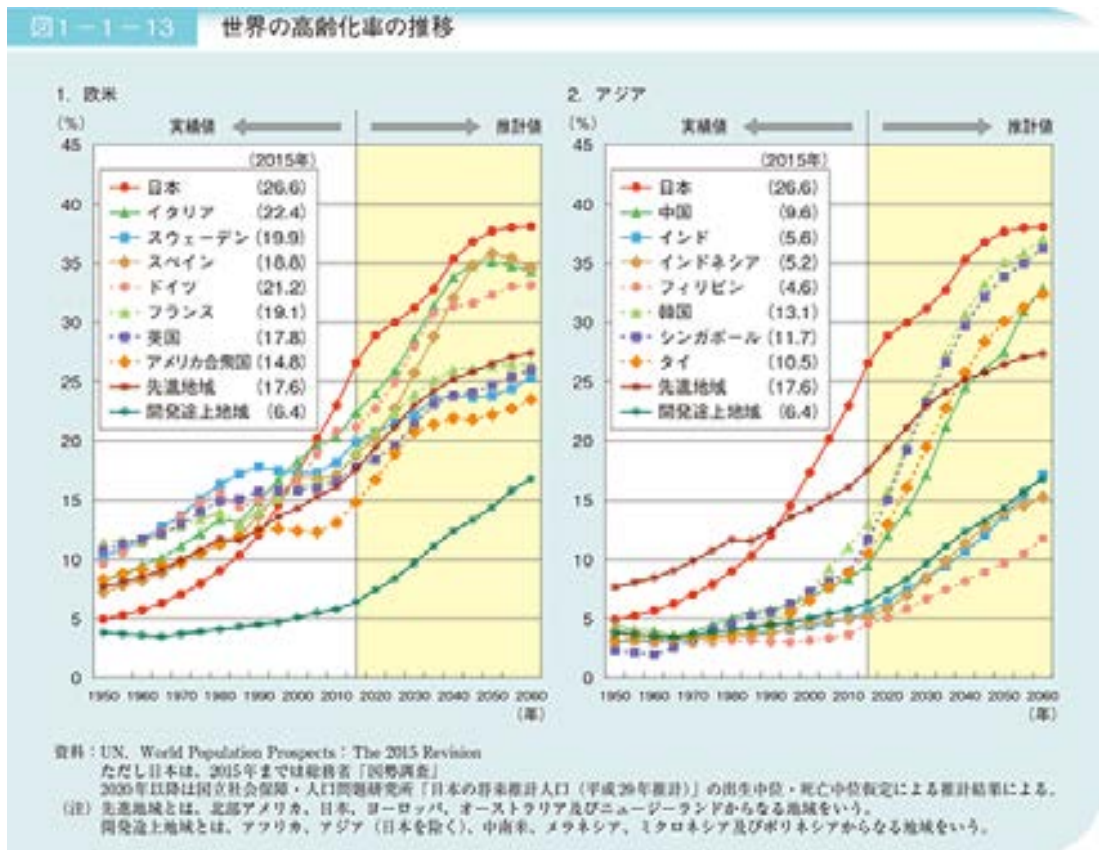


図3-4 世界の高齢化率の推移 [3]

3. 3 今後の予測からバックキャスト的に考えた際の労働生産性の目標数字

本提言では、労働人口の絶対数の増加ではなく労働生産性を高めるというアプローチに着眼することを3. 2章で述べた。本節では、今後の社会動態の予測データをベースに、**必要となる生産性の向上率を定量的に求める**。

図3-5は日本の将来の人口の推計を表している。本データを高齢者人口と生産年齢人口について切り出しプロットしたものを図3-6に示す。2015年では生産年齢人口1人あたりの高齢者数が0.62人であるが、2040年では0.93人とほぼ1人に近くなり2015年現在と比べて約1.5倍である。2060年まで見ると、生産年齢人口1人あたりの高齢者数は1.05人となり2015年現在と比べて約1.7倍になる。



図3-5 年齢区分別人口推計 [4]

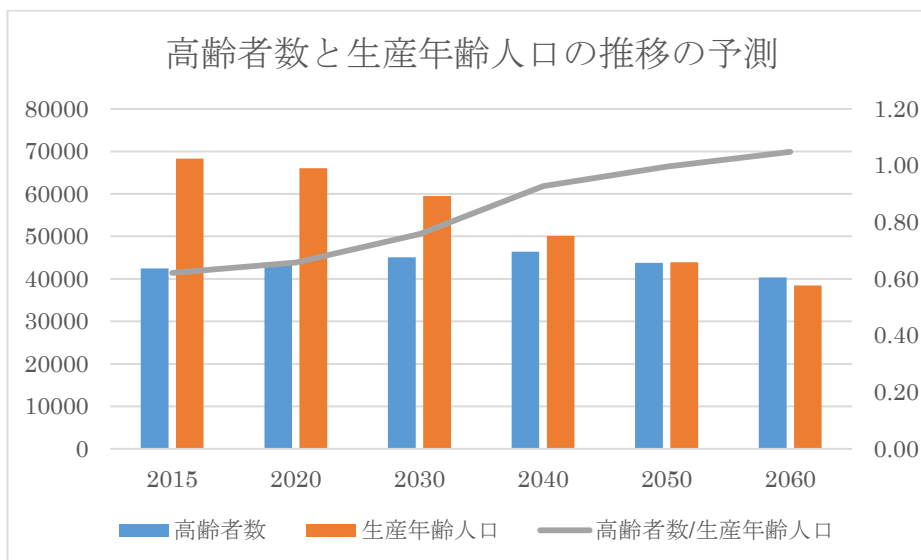


図 3-6 高齢者数と生産年齢人口の推移の予測 ([4]を基に筆者作成)

表 3-1 高齢者数と生産年齢人口の推移の予測 ([4]を基に筆者作成)

	2015年	2020年	2030年	2040年	2050年	2060年
高齢者数 [千人]	42455	43461	45081	46430	43764	40345
生産年齢人口 [千人]	68342	66071	59498	50079	43924	38479
高齢者数/生産 年齢人口 [千人]	0.62	0.66	0.76	0.93	1.00	1.05

生産性の計算において、

- 仮定 1：現在の介護職の人口構成比を今後も同じく保つ
- 仮定 2：介護労働者の人数は生産年齢人口のみでカウントする
- 仮定 3：高齢者人口に比例して要介護者数が増える

が成り立つとする。これらを仮定すると、先に求めた生産年齢人口 1 人あたりの高齢者数の増加率は、求められる生産性の向上率とほぼ等価となる。この等価性から概算すると、**2040 年までに少なくとも約 1.5 倍の生産性の向上を、2060 年までには約 1.7 倍の生産性を向上しなければならない。**これを基に考えると、**2040 年までに 1.5 倍の生産性を最低限の目標、そして 2.0 倍を努力目標**とするのが妥当であるといえる。

補足：高生産年齢人口 1 人あたりの高齢者数の増加率と求められる生産性の向上率の等価性

労働生産性を e 、要介護者支援の総量を Y 、介護労働の総量を L で表すと、

$$e = \frac{Y}{L}$$

が成り立つ。現在に比べ高齢者人口が a 倍、生産年齢労働人口が b 倍されるとすると、先の仮定を用いて、求められる生産性 e' が次のように算出される。

$$e' = \frac{Y'}{L'} = \frac{aY}{bL} = R\eta$$

ただし、高生産年齢人口 1 人あたりの高齢者数の増加率を $R(= a/b)$ で表す。上の式から、求められる労働生産性の向上率 e'/e は高生産年齢人口 1 人あたりの高齢者数の増加率 R と等価であることが示される。

4. 提言の具体的内容と推進方法

政府による追加投資が第一の方法として考えられるが、近年の財政赤字が深刻さを増している状況下においては困難であるということも十分に考えられる。そこで、本提言ではオプションとして政府からでなく**官民連携の資金調達の方法**を考える。具体的には、近年注目を集めている**ソーシャルインパクトボンドの導入**を提案する。

4. 1 ソーシャルインパクトボンドの概要 [5, 6]

ソーシャルインパクトボンドとは、社会問題解決を目的とした官民連携による資金調達の手法である。まず、社会問題解決のための行政サービスやプロジェクトを民間のNPOや企業に委託する。このとき成果の指標とその目標値を設定する。そして、プロジェクトにより成果の目標値を実現した場合にのみ、削減された行政コストに基づいて行政が投資家に報酬を支払う。投資家への報酬は行政が負担するが、民間投資によって社会的コストを削減するという考えれば行政コストは削減される。なお、投資家がリターンを受けられるのはプロジェクトが成功した場合のみのため、失敗した場合には支払いは発生しない、または一部しか支払われないということになり、行政の損失はほとんどない。図4-1にソーシャルインパクトボンドの概要図を示す。中間支援組織は行政、投資家、サービス提供者の間を取り持つ中核を担う機関である。

ソーシャルインパクトボンドを活用した事例としては、2017年度から神戸市及び八王子市において「糖尿病性腎症重症化予防事業」、「大腸がん検診・精密検査受診率向上事業」が行われている。

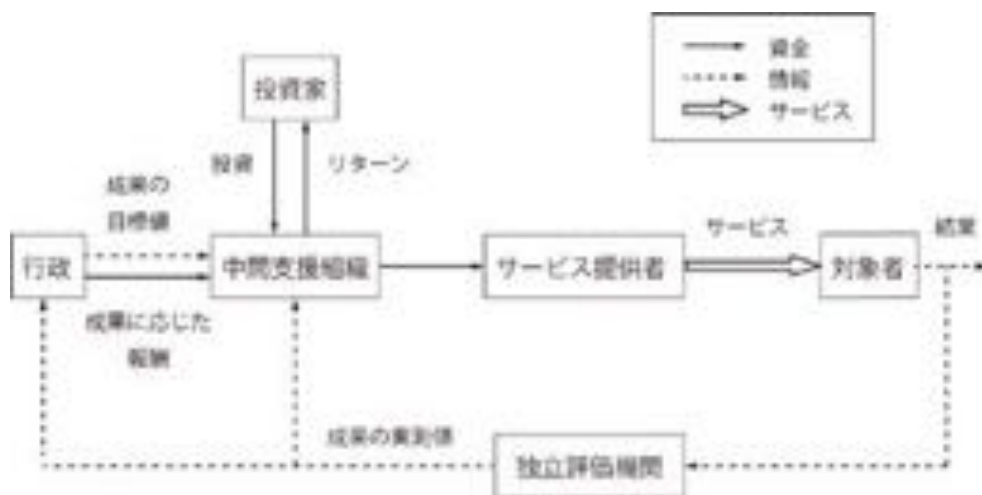


図4-1 ソーシャルインパクトボンドの概要図 ([5,6]を基に筆者作成)

ソーシャルインパクトボンドを実現する上で最も重要となるのは、プロジェクトの成果にあたる社会的な価値を適切に設定および評価をできるかという点である。次節および次章ではこの点について中心的に述べながら、提案の内容を説明する。

4. 2 提案のソーシャルインパクトボンド

前節において「プロジェクトの成果にあたる社会的な価値を適切に設定および評価をできるか」が重要であると述べたが、社会的価値の設定に関しては3章で述べた通り労働生産性の向上率を当てはめることができる。評価については実現性の章である5章に譲る。

本提言での課題において **1.5倍あるいは2倍の生産性向上率という明確かつ定量的な指標があるため、ソーシャルインパクトボンドの活用が可能である**と考えられる。

提案のソーシャルインパクトボンドの概要図を図4-2に示す。まず、行政が生産性向上率の目標値 q^{goal} を提示し、生産性向上率の実現値に応じたリターンの対応表を作成する。中間支援組織は本表を基に投資家から投資を受け、その資金をサービス提供者（介護ロボットのマーケティング代行を行う企業）へ渡す。サービス提供者は得られた資金を基に対象者（介護事業所、介護ロボットメーカー）にサービス（マーケティング）を行う。そして、独立評価機関は介護事業所における全体の労働量、ロボット労働量のデータを収集し、生産性向上率の実測値を計算する。最後に、この実測値と先の対応表を見比べ、政府は成果に応じた報酬 I_p を中間支援組織に渡し、中間支援組織はリターンを投資家に渡す。以上が提案のソーシャルインパクトボンドの流れである。各種の数値等の具体的な計算は次の5章で議論する。

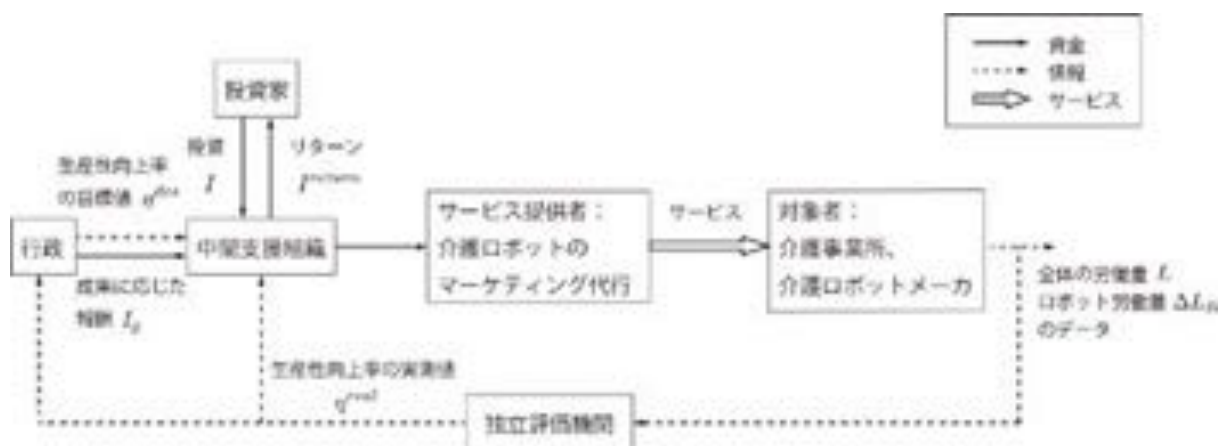


図 4-2 提案のソーシャルインパクトボンドの概要図

5. 実現性

4章で述べた提案における各セクターの実現性に関して述べる。ソーシャルインパクトボンドにおいてまず重要なのが成果指標の定義である。この点に関して5.1章で述べる。次に、ソーシャルインパクトボンドの事業を始める際に必要なのが、投資を募る際に用いる背化の達成度とリターンの対応表であり、5.2章にて述べる。最後に5.3章では、介護ロボットの具体例を示しサービス提供の実現可能性を示しつつ生産性向上率の具体的な計算法の案も紹介する。

5.1 独立評価機関の実現性：成果指標およびその算出式の定義

ロボットの導入による労働生産性の向上率 η を独立評価機関は求める必要があるが、本指標は

$$\eta = \frac{L}{L - \Delta L_R}$$

で求めることができる。ただし、 L は介護労働の総量、 ΔL_R はロボットによる介護労働の削減量である。本計算式の導出は下の参考の項に譲る。

介護労働の総量 L は介護事業所の実際の業務結果から推定ができる。ロボットによる介護労働の削減量は、各介護機器の単位業務ごとの労働削減量を事前に計算・評価しておく。そして業務回数分だけ掛け算を行うことで、ロボットによる労働削減の総量 ΔL_R を求めることができる。

参考：労働生産性向上率の計算式の導出

補足の項で述べた通り、労働生産性 e は要介護者の総支援量 Y および介護労働量 L を用いて

$$e = \frac{Y}{L}$$

で表される。ロボットによる介護労働の削減量 ΔL_R とすると、ロボットを用いて効率化された際の労働生産性は

$$e_R = \frac{Y}{L - \Delta L_R}$$

で表される。よってロボットを用いることによる労働生産性の向上率 η は

$$\eta = \frac{e_R}{e} = \frac{Y/(L - \Delta L_R)}{Y/L} = \frac{L}{L - \Delta L_R}$$

と表すことができる。

5. 2 行政と中間支援組織の実現性：成果と報酬の対応表の作成

行政および中間支援組織は、投資を募る際に成果と報酬の対応表を提示しなければならない。過去のソーシャルインパクトボンドにおける成果と報酬の対応表の例を表 5-1 に示す。

表 5-1 ニューヨーク市でのソーシャルインパクトボンドにおける成果と報酬の対応表[6,7]

再犯低減率	市の支払額	長期的な行政コスト削減額
≥20.0 %	\$ 11,712,000	\$ 20,500,000
≥16.0 %	\$ 10,944,000	\$ 11,700,000
≥13.0 %	\$ 10,368,000	\$ 7,200,000
≥12.5 %	\$ 10,272,000	\$ 6,400,000
≥12.0 %	\$ 10,176,000	\$ 5,600,000
≥11.0 %	\$ 10,080,000	\$ 1,700,000
≥10.0 %	\$ 9,600,000	≥\$ 1,000,000
≥8.5 %	\$ 4,800,000	≥\$ 1,000,000

本節では、介護の労働生産性の向上率に関しても表 5-1 と同様の表を作成する上で必要となる計算式の提示を取り扱う。表 5-1 での市の支払額は、まず長期的な行政コストの削減額を求めそこから運営コスト等を差し引いて決定される。そこで本提言では、第一に必要な成果と行政コストの削減額の対応関係についてフォーカスする。

介護の労働生産性の向上率 η とロボットによる労働削減分の経済効果 E の関係は

$$E = wL \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$$

で表される。ただし、 w は介護労働の1人・1時間あたりの賃金、 L は介護労働の総量である。導出の詳細は次ページの参考の項に譲る。もしロボットを導入しない場合、ロボットによる労働削減分の経済効果 E だけ外国人労働者に給料を支払うと考えると、ロボットの経済効果 E は行政コストの削減額に繋がることがいえる。以上より、表 5-2 のような対応表がベースとなりうる。

表 5-2 提案における成果と報酬の対応表のベース

介護の労働生産性の向上率	国の支払額	長期的な行政コスト削減額
η	$E \pm$ (運営コスト等)	$E = wL \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$

参考：労働生産性の向上率とロボット労働の経済効果の関係式の導出

労働におけるキャッシュのやりとりにおいて、次式が一般的に成り立つ。

$$\text{Payment [円]} = \text{Wage [円 / (人・時間)]} \times \text{Labor [人・時間]}$$

本式は労働量と金額を結ぶ式であることから、金額の算定に応用することができる。今回の場合、ロボットによる介護労働の削減分 ΔL_R がもたらす経済効果を算定したいという設定である。ロボットが人の労働を削減することによる経済効果 E は、

$$E = w \times \Delta L_R$$

として表現される。ただし、 w は介護労働の1人・1時間あたりの賃金である。

生産性向上率 η の定義式を式変形して、

$$\Delta L_R = L \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$$

が得られる。これを先の E の式に代入し、最終的にロボット経済効果 E は生産性向上率 η を用いて

$$E = w \times \Delta L_R = wL \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$$

として求めることができる。

5. 3 サービス提供の実現性：介護ロボットによる生産性の向上の事例

サービス提供者は今回の場合、介護ロボットのマーケティングを行い介護労働の生産性を高める役割を果たす。本節では、介護ロボットによる目標達成の実現可能性を示すため、介護労働の一日の仕事を分類し、各タスクに応じて生産性を向上させることのできる介護機器・サービスの具体例を紹介する。まず、介護の一般的な一日の流れを図5-1に示す。



図 5-1 介護職の一日 [8]

図 5-1 から、タスクは以下のように分類できる。

1. 離床介助
 - A) 電動ベッドからの起き上がり
 - B) 寝巻から着替え
 - C) 食堂への移動
2. 食事介助 (×3 回)
 - A) 配膳、下膳
 - B) 食事の介助
3. 排せつ介助 (×5 回)
 - A) トイレへ移動
 - B) 排せつの手伝い
 - C) おむつ交換
4. 入浴介助
 - A) 風呂への移動
 - B) 入浴介助
5. レクリエーション
6. 介護記録の入力

実際、これらに対応する介護ロボットの枠組みが図 5-2 のように経産省、厚労省によって構築されている。そして、各項目に対応するロボットが近年開発されつつある。

ロボット技術の介護利用における重点分野

分野	重点分野	重点分野	重点分野
1	離床介助	移動支援	移動支援
2	食事介助	食事支援	移動型 歩行支援
3	排泄介助	移動支援	移動型 歩行支援
4	入浴介助	移動支援	移動型 歩行支援
5	レクリエーション	移動支援	移動型 歩行支援
6	介護記録の入力	移動支援	移動型 歩行支援

図 5-2 政府による介護ロボットの分類 [9]



図 5-3 移動支援ロボット(リショナー Plus)



図 5-4 排泄支援ロボット(キューレット)



図 5-5 食事支援ロボット (マイスプーン)



図 5-6 入浴支援ロボット (ペティタブ)



図 5-7 着替え支援ロボット(奈良先端大)



図 5-8 レクリエーションロボット (Pepper)

既に開発されている介護ロボットの例を簡単に紹介する。図 5-3 は移動支援ロボットのリショナーネ Plus (パナソニックエイジフリー株式会社)である。本ロボットの活用により、1-A) ベッドからの起き上がり、1-C) 食堂への移動が省力化できる。図 5-4 は排せつ支援ロボットのキューレット (アロン化成株式会社)である。3-A) トイレへの移動、3-B) 排せつの手伝いの労働コストを削減できる。今後 3-C) への対応も可能になるとなおよい。図 5-5 は食事支援ロボットのマイスプーン (セコム株式会社)である。2-B) 食事の介助を減らし、より自立的な食事の実現を支援する。図 5-6 は入浴支援ロボットのペティタブ (OG Wellness)である。風呂への移動が省力化できるため、4-B) 入浴介助の労働が効率的になると考えられる。図 5-7 は奈良先端大による着替えを支援するロボットであるが、こちらはまだ研究段階のものである。図 5-8 はレクリエーションロボットとして汎用人型ロボット Pepper を活用した様子である。

以上のように、各タスクに対応する介護ロボットは近年既に開発されつつある。重要な課題となるのはそれらの製品をどう評価するかであるが、本提言では 5. 1 章で定義した労働生産性の向上率を採用する。

図 5-8 のレクリエーションロボットサービス『健康王国 for Pepper』を例に、介護ロボットの効果の定量化を考える。実証試験において、従来 4-5 人で行っていたレクリエーションが、3-4 人で実現することができたという。2 時間のレクの労働時間を 1 人分削減することができる。1 日当たり 2 [時間・人]分のレクリエーション労働をロボットが代替するという計算になる。ロボットによる労働削減量 ΔL_R は 1 か月単位で考えると、2 [時間・人] \times 30 [日]=60 [時間・人/月]の労働削減が可能となる。なお、レクリエーションの全体の労働量 L は、2 [時間] \times 4.5 [人] \times 30 [日]=180 [時間・人/月]である。



図 3-10 Pepper 導入前後での介護職員数の違い [10]

レクリエーションだけで考えた場合の労働生産性向上率は、

$$\eta = \frac{L}{L - \Delta L_R} = \frac{180 \text{ [時間・人/月]}}{180 \text{ [時間・人/月]} - 60 \text{ [時間・人/月]}} = 1.5$$

となり、1.5 倍の労働生産性の向上率であると計算することができる。本例のようにタスクごとの労働生産性の向上率は、労働生産性の向上率の定義式に値をそのまま代入するだけで求められる。

一つの介護事業所全体、あるいは日本全国の介護事業所を総和した場合の労働生産性の向上率について求めたい場合、先の定義式を

$$\eta_{total} = \frac{\sum L}{\sum L - \sum \Delta L_R}$$

と拡張することで、全体の労働生産性の向上率を求めることができる。例えばある介護事業所が Pepper とリショナーを採用した際、表 5-3 のような介護記録を得る（ただし、表 5-3 における数値データは仮想のものである。Pepper の件と同様に実証試験により効果を計測する必要がある）。このとき、この介護事業所の労働生産性の向上率は

$$\eta_{total} = \frac{\sum L}{\sum L - \sum \Delta L_R} = \frac{(180 + 100) \text{ [[時間・人/月]}}{(180 + 100) \text{ [[時間・人/月]} - (60 + 50) \text{ [[時間・人/月]}} \cong 1.65$$

となり、約 1.65 倍の労働生産性の向上率が得られると求めることができる。各介護ロボットのアプリケーションは異なるが、本定義式を用いれば全体としての向上率を導出することが可能である。

表 5-3 ロボットが代替する業務と労働削減量の対応表（仮）

介護ロボット名	対応する業務	その業務の一般的な労働量 L	ロボットによる労働削減量 ΔL_R
健康王国 for Pepper	レクリエーション	180 時間・人/月	60 時間・人/月
リショナー	移動支援	100 時間・人/月	50 時間・人/月
...
合計		280 時間・人/月	110 時間・人/月

ソーシャルインパクトボンドを実現するにあたる今後の課題として、表 5-3 のように各ロボットを用いるとどの程度の労働量が削減されるかを実証試験により定める必要があると考えられる。それらを総和することで、実際の労働生産性の向上率の計算が可能となる。

6. まとめ

超成熟社会における超高齢化が引き起こす介護の労働力不足の問題に対して、本稿ではテクノロジーを活用して労働生産性を向上させるアプローチを提言した。解となる介護機器およびサービスが確立することができれば、これから超高齢化を迎える国々にそれらを輸出することができるという点で、本アプローチのメリットは大きい。

労働生産性の向上率の数値的目標としては、2040年までに約1.5倍、2060年までには1.7倍であると将来人口推計を基に概算することができる。一方で、レクリエーションロボット等、数値目標の達成に資するテクノロジーの研究開発は進みつつある。ロボットを導入することで経営収支が赤字になってしまうという課題があるが、本課題を解決することができれば介護のテクノロジーの活用は大きく広がりうるとフィールドワークを通して知り得た。

そこで具体的な提言として、ソーシャルインパクトボンドを用いた民間からの資金調達法を提案した。1.5倍の生産性向上率という定量的な目標が既にあるため、ソーシャルインパクトボンドの適用可能性が高いことを示した。提案のソーシャルインパクトボンドでは、サービス提供者は得られた資金を基に介護事業所に対し介護ロボットのマーケティングを行う。そして、独立評価機関は介護事業所のデータを収集し、労働生産性の向上率の実測値を計算し評価を行う。

提案の実現性を更に高めるため、数式に基づく主要な数値の算定方法も取り扱った。まず、成果指標である労働生産性の向上率を定義した。次に、ソーシャルインパクトボンドにて投資家を募る際に提示する「成果と報酬の対応表」の作成のため、必要となる関係式の導出を行った。そして、最後に介護の業務の分類とそれらに対応する介護ロボットの事例を紹介し、介護ロボットによる労働生産性の向上の実現可能性を示した。今後の展望としては、各介護ロボットを導入した際の労働削減量を実証実験を通して数値化することで、定量的評価と今後のロボットに改善に資することが期待される。

参考文献

- [1] 厚生労働省：介護人材の確保について，2015.
http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000075028.pdf
- [2] リジョブ介護：介護職の有効求人倍率から見る就職状況，2016.
https://relax-job.com/contents_list/20007
- [3] 内閣府：平成29年版高齢社会白書，2017.
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/s1_1_5.html
- [4] 内閣府：平成24年版高齢社会白書，2012.
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/zenbun/s1_1_1_02.html
- [5] Social Finance：Guide to Social Impact Bond Development, 2013.
- [6] 段牧：老朽化インフラ対策のためのソーシャルインパクトボンドによる資金調達手法に関する提言，2017.
- [7] T. Rudd, E. Nicoletti, K. Misner, and J. Bonsu：Financing Promising Evidence-Based Programs: Early Lessons from the New York City Social Impact Bond, 2013.
- [8] ナイス！介護：介護職の1日，2017.
<http://713515.net/manabi/oneday.html>
- [9] 介護ロボット ONLINE：介護ロボット一覧表【種類別】，2017.
<https://kaigorobot-online.com/contents/64>
- [10] Softbank：Pepper for Biz (法人向けモデル) 導入事例 社会福祉法人一燈会 様，2016.
<https://www.softbank.jp/robot/biz/case/ittokai/>

ヒアリング先

産業総合研究所 ロボットイノベーション研究センター