

【産業競争力懇談会 2017年度 プロジェクト 最終報告】

【「人」が主役となる新たなものづくり】

2018年2月21日

産業競争力懇談会 **COCN**

【エグゼクティブサマリ(最終)】

1. 本プロジェクトの基本的な考え方

ものづくり産業は、消費者ニーズの多様化に伴い、必要な価値を必要な人へ必要な時に必要なだけ提供する変種変量生産への変革が迫られている。一方、日本では、2060年には国民の40%が高齢者という超高齢化社会が到来し、人材の確保・活用の再構築が必要である。

そこで、本プロジェクトでは、変種変量への対応力強化、新たな価値創造をめざし、差別化技術を保有し機動力のある中小企業との新たな生産連携と、人の柔軟性と機械の正確性を活かしフレキシブルに人と機械が協調する「人」が主役となる新たなものづくりシステムを提言する。さらに、一億層活躍に資する多様な人材活用モデルを、世界の超高齢化社会に向けて提言する。さらにその社会実装に向け、産官学協力し、基盤技術開発、普及活動・人材育成のためのコンソーシアム活動を提言し、人間中心の Society5.0 超スマート社会の一翼を担っていく。

2. 検討の視点と範囲

変種変量生産においては、多様なニーズへの対応力、生産変更ロスを抑制した生産効率向上が重要な課題であり、画一的な機械中心の自動化投資が難しくなる。さらに、国際的なコネクテッドインダストリー環境下では、従来以上に差別化技術を維持・成長させるしくみが必要になる。そこで、変種変量生産で差別化技術の源となる人中心で作業を行う領域に着目した。この領域は、主に製造業の国内付加価値総額(約90兆円)のおよそ5割を占める中小企業が担っているが、労働生産性の平均が大企業の半分と低迷している点が課題である。

この人中心の作業領域は、①比較的単純ではあるが柔軟性が要求される領域と、②複雑で高度な技能を要する熟練作業者が担う領域に二分され、今まで機械化が進んでおらず、昨今生産年齢人口減の影響で人材不足が加速し、事業機会損失などの深刻な課題に繋がっている。

本プロジェクトでは、機動力ある中小企業を活かした生産連携の基盤を強化すべく、この領域の労働生産性向上と一億層活躍に資する多様な人材活用の両立について検討した。

●視点1:「人」が中心の作業領域での労働生産性向上対策-能力拡張型人・機械協調生産

人は過剰サポートになるとやらされ感で技能習得力が低下して創造的な力を発揮しなくなるが、サポート不足では不安感を招き、ミスや生産効率低下に繋がる。そこで、従来の機械のモデルに加え、人の認知・感覚、運動能力をモデル化し人と機械の最適な協調関係のシミュレーションを実現する等、生産の状態や各人の状態に応じてフレキシブルに適切なサポートができる人と機械が協調する能力拡張型の生産システムの構築が必要である。(これは昨今CPSの拡張概念として提唱されているデジタルトリプレットの概念に繋がる。)

●視点2:一億層活躍に資する多様な人材活用の実現と技能伝承の加速

100年ライフの到来など多様化する労働者に能力を発揮させるためには、各人の能力・状態に応じたマルチタレントマネジメントが求められる。その実現にはQoW(Quality of Working)として労働能力(健康状態を含む)、働きやすさ、働きがいの状態を見える化し、セルフケアや組織マネジメントを支援する必要がある。労働者(潜在労働力を含む)の労働寿命延伸と生涯能力向上に取組み、戦力として活躍を持続できる労働環境構築が必要である。

3. 産業競争力強化のための提言及び施策

以上の検討をもとに、以下の2つを提言する。

提言1:能力拡張型生産システム基盤開発拠点構築、拠点運営と社会実装活動を推進する

コンソーシアム設立

作業特性モデル構築と行動推定技術による適切な機械協調技術などの能力拡張型生産システムの基盤技術を産官学が集まって研究する公的な拠点として、ものづくり革新拠点(仮称)を構築し、企業間生産連携プラットフォームや見て触れる生産モデルの構築と検証を行う。この

拠点は、経産省AIグローバル研究拠点の産総研模擬工場及び地域モデル拠頭に設置する。

拠点の運営母体として、産が中心になってコンソーシアムを設立し、産業機器・システム関連メーカーとユーザ企業、地域の行政・産業団体、アカデミアが集まって社会実装活動を推進する。また、モデル企業での実証データなどを技能モデル・人モデルとしてデータ整備し、参加企業の生産関連システムへのAI実装の効果検証など、競争力強化に貢献できる拠点とする。

＜社会実装に向けた具体的施策と狙い＞

設立するコンソーシアムや構築する共同研究体制で以下を推進する。

- ・調査した中小企業には、ITなどを導入して作業者の相互理解を進め、生産効率向上や活発な改善提案などの創造的活動を実現している例がある。これら先端技術導入に積極的な企業から、実装・検証を行うモデル企業を選定し、地域産業施策と連携した事例づくりを進める。この活動を通じ、データ収集、事例PRを行い、地域企業への展開を推進する。同時に産技連「IoTものづくり部会」を活用し、各県への技術移管するなど全国普及体制を整える。モデル企業から順次拡張することで、各企業内生産の効率向上だけでなく企業連携による経営体力強化にもつなげ、中小企業の労働生産性を向上させる。
- ・能力拡張型人・機械協調のためのライブラリをエッジプラットフォームに実装し、国内外普及推進する。さらに、産業機器やSI他の企業が連携して、新たな生産ソリューション事業としてグローバル市場、特にアジアなど、人中心のものづくりが集積している市場の獲得に繋げる。
- ・新たな生産工学、企業現場を支える高度技能者育成と雇用促進(大学、高専活用)に繋げる。

提言2:各人の労働能力を引出すマルチタレントマネジメントシステム基盤開発とデータ整備

QoW(Quality of Working)を活用した多様な人材活用のしくみ構築

産学で医学、心理学、工学の学際体制を構築し、各人の能力を引出し、労働生産性を高めるマルチタレントマネジメントシステムのモデルを構築する。各人の状態を健康状態を含む労働能力と、働きやすさ・働きがいの状態で示すQoWをマネジメント指標とし、有効な計測法を研究開発する。健康状態を示すフレイル(要介護状態前の虚弱状態)に関わる調査では、日本薬理評価機構など、医学データを取り扱える非営利の研究拠点と、上記コンソーシアムとが連携して基礎データ整備を推進する。モデル企業での展開を重ね、労働生産性との相関について追跡調査した結果を反映し、より有効なマルチタレントマネジメントシステムに成長させる。

＜社会実装に向けた具体的施策と狙い＞

上記共同研究体制や提言1で設立するコンソーシアムが連携して以下を推進する。

- ・潜在労働力を含めた労働能力の実態や地域特性を調査し、上記モデル企業での労働参加のしやすさ、高齢熟練者の活用モデルを検証し、戦力化への取組み事例を作る。人材不足による機会損失を抑制するとともに、社会保障費削減、個人消費力向上をめざす(前期高齢者の2割が自立した給与所得者になると約4兆円の社会保障費削減に繋がる)。
- ・QoWを活用したマルチタレントマネジメントシステムを新たな事業ソリューションとして展開する。認定事業他関連事業の創出にも繋げる。

4. 提言実現に向けた展開

- (1) 産学官が集まって、基盤技術(能力拡張型生産システム、QoW計測他)を研究開発するため、研究ステージに応じて国家プロジェクトへの応募に取り組む(継続的に実施中)。
- (2) 産を中心に、コンソーシアムや地域拠点の運営体制、施策を具体化する(18年度)。
- (3) 実証モデル企業の選定や中小企業が施策参加するための助成制度の活用を検討する(19年度～)。候補は、内閣官房のまち・ひと・しごと創生関連交付金、中小企業各種助成金。
- (4) 技能モデル、人モデル他のデータ整備のしくみ確立と倫理的課題への対策など社会基盤づくりを、産総研等と連携し具体化する(20年度～)。
- (5) 社会実装を支える高度人材育成についての大学・高専との連携を具体化する。具体化において、文科省高等教育局の大学や高等専門学校施策との連携を想定している(22年度～)。

【目次】

はじめに	P01
プロジェクトメンバー	P02
1. 背景と目的	P04
1.1 ものづくり産業を取り巻く現状	P04
1.2 ものづくり産業の課題	P05
1.3 実現目的・目標	P05
2. 活動概要	P07
2.1 新たなものづくり革新	P07
2.1.1 人-機械能力拡張型CPS	P07
2.1.2 人-機械能力拡張型生産システム	P08
2.1.3 ものづくりネットワーク	P10
2.1.4 ものづくり革新拠点	P11
2.2 各人の労働能力を引き出すマルチタレントマネジメントシステム	P12
2.2.1 労働参加→雇用継続→成長の3ステップシステムの実現	P12
2.2.2 健康:安心感の醸成による労働参加の促進	P12
2.2.3 働きやすさ:多様な働き方とITを活用した環境づくり	P14
2.2.4 働きがい:共感・成長意欲促進による労働生産性の向上	P15
3. プロジェクト提言骨子	P17
3.1 プロジェクト提言に向けた検討の視点	P17
3.2 プロジェクト提言概要	P18
4. 期待効果	P19
4.1 「人」が主役となる新たなものづくりの社会実装による期待効果	P19
4.2 各人の労働能力を引出すマルチタレントマネジメントシステム社会実装による期待効果	P20
5. 提言実現に向けた展開	P20

【はじめに】

「ものづくり大国日本」は 1980～2000 年代には高品質・高性能を誇る“Made in Japan”として世界市場を制するほどの競争力を持っていた。しかしバブル崩壊後の長い低迷期を脱却できずにいる中、ビジネスで欧米に差をつけられ、コスト競争で新興国に遅れを取るという板挟み状態が続いており、“技術で勝ってビジネスで負ける”と揶揄されて久しい。

Society5.0 の新たなものづくりや第 4 次産業革命でも議論されているように、「もの」の大量生産の時代から、「もの」が行き渡り消費者のニーズが多様化した変種変量、マスカスタム生産の時代への転換が始まっており、それに適した生産技術の革新が求められている。一方、国内においては世界に先立ち超高齢化社会を迎え、2060 年には生産年齢人口が半減し、国民の 40%が高齢者になる。社会保障を前提とした高齢者の増加により個人消費が大幅な低下が始まっている。

以上のように市場・製造現場の環境が大きく変化している今こそ抜本的にものづくりの方法を変え、科学技術の優位性を産業競争力に効率よく転化できる「新たなものづくり」の生産手法を確立する必要があると考えている。

本提案では、産業課題である消費者ニーズ多様化に伴う変種変量生産への転換、国内製造の停滞と技術技能後継者不足、さらには超高齢化社会における課題である生産人口の激減、それに伴う個人消費の大幅な低下に対し、日本の強みである機械や IT を高度かつ柔軟に使いこなせる「人」の力を活用し、世代を超えて発展し続けることのできる「人」が主役となる新たなものづくりを実現することをめざしている。

具体的には、省人化を目的とした機械中心の製造は変種変量生産においては変化への対応力、投資効果を得にくくなるなど、適用範囲が限定される。これに対し、比較的柔軟である IT、AI、ロボットを活用した人の能力の拡張により生産性向上をめざす新たな生産方式を確立する。これは、中小企業が担ってきた熟練技能の領域の生産性効率や技能伝承の加速にも繋がると考える。

また、健康(労働能力)、働きやすさ、働きがいに着目したQoW(Quality of Working)を活用し、多様な人材が働きながらどんどん成長する新たなマルチタレントマネジメントシステムモデルを構築する。本マネジメントシステムと上記の生産システムを連携させ、今まで働かなかった人の労働参加、さらには経済的自立にむけた成長への意欲を醸成し、各人の能力・状態に応じた能力発揮しやすい環境を構築することを提言している。

これらの提言の推進により、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることができる、人間中心の Society5.0、超スマート社会の実現の一翼を担いたいと考えている。

産業競争力懇談会
理事長 小林 喜光

【プロジェクトメンバー】

プロジェクトアドバイザー:	関口 智嗣 (産業技術総合研究所) 榎木 哲夫 (京都大学) 田中 健一 (三菱電機株式会社)
プロジェクトリーダー:	岩崎 隆至 (三菱電機株式会社)
プロジェクトサブリーダー:	武田 保孝 (三菱電機株式会社)
メンバ: <順不同>	谷川 民生 (産業技術総合研究所) 山野辺 夏樹 (産業技術総合研究所) 岩木 直 (産業技術総合研究所) 遠藤 博史 (産業技術総合研究所) 花井 亮 (産業技術総合研究所) 抜井 正博 (理化学研究所) 曾根 秀隆 (理化学研究所) 岡本 摩耶 (日本薬理評価機構(PEIJ)) 塩瀬 隆之 (京都大学) 阪上 優 (京都大学) 高橋 雄介 (京都大学) 武田 行夫 (東京工業大学) 鈴木 雄介 (沖電気工業株式会社) 辻 弘美 (沖電気工業株式会社) 亀井 良至 (鹿島建設株式会社) 笹尾 和宏 (新日鉄住金ソリューションズ株式会社) 横田 博 (第一三共株式会社) 高鳥 登志郎 (第一三共株式会社) 三浦 慎一 (第一三共株式会社) 三宅 秀之 (大日本印刷株式会社) 大泉 巖雄 (中外製薬株式会社) 黒田 正洋 (日本電気株式会社) 馬場 雅和 (日本電気株式会社) 高鹿 初子 (富士通株式会社) 延原 裕之 (株式会社富士通研究所) 水野 義博 (株式会社富士通研究所) 西山 陽二 (株式会社富士通研究所) 中村 光宏 (富士電機株式会社) 小倉 英之 (富士電機株式会社) 植村 憲嗣 (三菱電機株式会社) 佐藤 智典 (三菱電機株式会社) 奥田 晴久 (三菱電機株式会社) 前川 清石 (三菱電機株式会社) 佐藤 達志 (三菱電機株式会社)
メンバ(続き):	片岡 健司 (三菱電機株式会社)

＜順不同＞	加藤 嘉明	(三菱電機株式会社)
	根岸 博康	(三菱電機株式会社)
	大塚 晃	(三菱電機株式会社)
	籠橋 巧	(三菱電機株式会社)
	岩本 秀人	(三菱電機株式会社)
	龍 智明	(三菱電機株式会社)
	小平 紀生	(三菱電機株式会社)
	三和 雄二	(三菱電機株式会社)
	遠藤 泰宏	(三菱電機株式会社)
担当実行委員： 企画小委員：	市毛 正行	(三菱電機株式会社)
	五日市 敦	(株式会社東芝)
	佐藤 桂樹	(トヨタ自動車株式会社)
	寺田 透	(富士通株式会社)
	金枝上 敦史	(三菱電機株式会社)
	田中 克二	(三菱ケミカル株式会社)
	武田 安司	(日本電気株式会社)
オブザーバ：	犬塚 隆志	(文部科学省)
	藤原 綾乃	(文部科学省)
	松本 真太郎	(経済産業省)
	加納 誠介	(産業技術総合研究所)
	福原 俊一	(京都大学)
事務局：	岩井 匡代	(三菱電機株式会社)
	佐藤 剛	(三菱電機株式会社)
	須田 聡	(三菱電機株式会社)
	中根 和彦	(三菱電機株式会社)
	加東 智明	(三菱電機株式会社)
	川野 英樹	(三菱電機株式会社)
	長江 偉	(三菱電機株式会社)

【本 文】

1. 背景と目的

日本のものづくり産業は、国内 GDP の 2 割を担い、労働者の 2 割の働く場を提供してきた。しかし、近年の激しいグローバルコスト競争のもと、付加価値総額減少、利益率低下、雇用減少等様々な課題が指摘されている。さらに、消費者ニーズの多様化に伴い、必要な価値を必要な人へ必要な時に必要なだけ提供する変種変量生産への変革が迫られている。一方、日本では、超長寿社会の 100 年ライフ時代迎え、2060 年には生産年齢人口が半減し国民の 40%が高齢者になるなど、社会構造と価値の変化が世界に先駆けて起こっている。生産年齢人口の半減は、市場を形成している重要な消費者層の減退にも繋がる。

本プロジェクトでは、このような変革期において、日本の強みとされてきた「現場力」を活かす、「人」が主役となる新たなものづくりとして、新たな生産方式・システムと現場を支える人材の活用との両面について提言を行う。この提言の推進により、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細やかに対応し、経済的発展と社会的課題の解決を両立し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることができる、人間中心の Society5.0、超スマート社会の実現の一翼を担う。

1.1 ものづくり産業を取り巻く現状

日本のものづくり産業は、バブル崩壊後の長い低迷から脱却できず、激しいコスト競争、コモディティ化による競争力低下が進み、国内生産の縮小や技術空洞化を招き、勢いに陰りが出てきている。長期的な観点でのさらなる競争力強化が求められている。(表1.1-1参照)

表1.1-1 国内製造業の推移([1.1-1])

	概況	1990年代概算値	2010年代概算値
付加価値総額	減少	120兆円	90兆円
国内製造出荷額	20年間停滞	300兆円	300兆円
利益率	長期低落	7%前後	3%前後
雇用	減少	1500万人	1000万人
海外生産	急増	20兆円	120兆円

市場に目を向けると、電気・電子、自動車、一般機械など幅広い業種で、顧客や市場のニーズの変化と、IoTなどに代表される技術革新のスピード、さらには個人の嗜好に合わせたカスタム製品も登場し、変種変量生産への移行は余儀なくされている。

また、日本の生産年齢人口は1995年から減少に転じ、2060年には半減する(図1.1-1参照)。人材の確保だけでなく、高齢者の増加により個人消費の大幅な低下が想定される。世界的にも2030年までに年間830万人の労働人口が激減する(図1.1-2参照)。

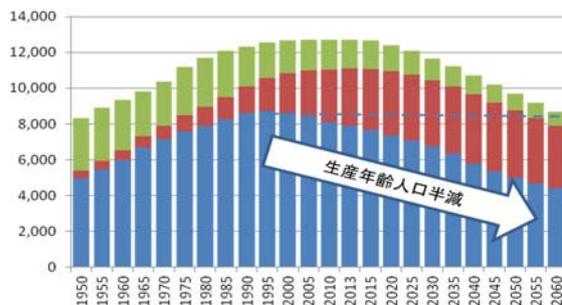


図1.1-1 日本の年齢推計[1.1-2]

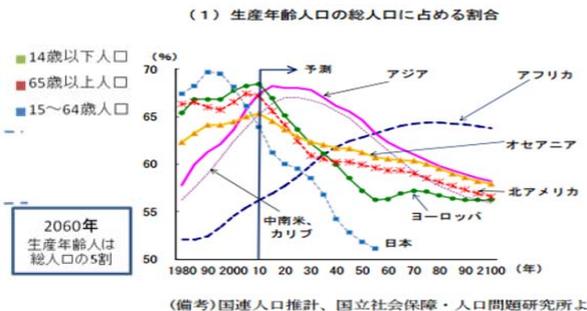


図1.1-2 世界の生産年齢推計[1.1-3]

1.2 ものづくり産業の課題

昨今のグローバルコスト競争の中、大企業は高度生産技術による自動化を中心とした生産を推進し、中小企業が量が少ない、または機械化しきれない人中心の作業領域を担ってきた。

変種変量時代に向け、変更ロスのリスク分散、変種への対応力強化と生産人口減の社会背景を踏まえた競争力強化が求められる。変種変量が進むと、投資効果縮小・変更ロス拡大により自動化範囲が縮小される。対策として人件費の安いアジアの大規模なEMS工場へ生産委託を集積させる方法も進んでいる。しかし中長期的に差別化技術育成や新たなイノベーションを推進するには、機械化しきれない差別化技術を担い製造業の国内付加価値総額の5割を支えている中小企業を活用した新たな生産連携が必要である。現状中小企業経営は人材不足、労働生産性低迷の課題が深刻化しているとともに、既に変種変量への対応が求められており、設備投資が進まないという状況で苦しんでいる。しかし、一部の中小企業ではIT投資をきっかけに、高い労働生産性と新事業創出、グローバル市場獲得など活発な動きがでてきている。事例を踏まえ、課題を深堀するため、図1.2-1に工業製品のものづくり現場の人と機械の役割構成の領域を分類し、人中心の作業領域に着目して検討した。人中心の作業領域は、①比較的単純ではあるが柔軟性が要求される領域と、②複雑で高度な技能を要する熟練作業者が担う領域に二分される。

<システム化率向上による生産性向上>

●課題1(作業領域①のシステム支援強化)

人材不足軽減のためにも、この領域に適した自動化推進や作業支援が求められる。投資効果を考慮し、IT・AI・ロボット支援など柔軟なシステム技術が必要。

●課題2(作業領域②の習熟システム支援)

技能のデジタル化だけでなく、現場での直感的判断、体格差に応じた技能実現方法の差異反映など従来徒弟制度が担ってきた技能伝承を支援するシステムが求められる。直感的な伝承を支える技術としてAR/VRなどの技術や複数作業者のコツを統合的にAIで学習し伝承するなど、新たな技術導入が必要。

<人材確保と能力向上>

●課題3(作業領域①の人材確保)

変量に応じた柔軟な人材配置を可能にするため、社員の多能工化、潜在労働力の活用、さらには生産連携による負荷分散が必要になる。

●課題4(作業領域②の人材確保)

多様なニーズに応える差別化できる技術保有者の確保を可能にするため、高齢化した熟練者の労働延長と後継者の確保が課題。企業の枠を超えた人材活用も必要になる。

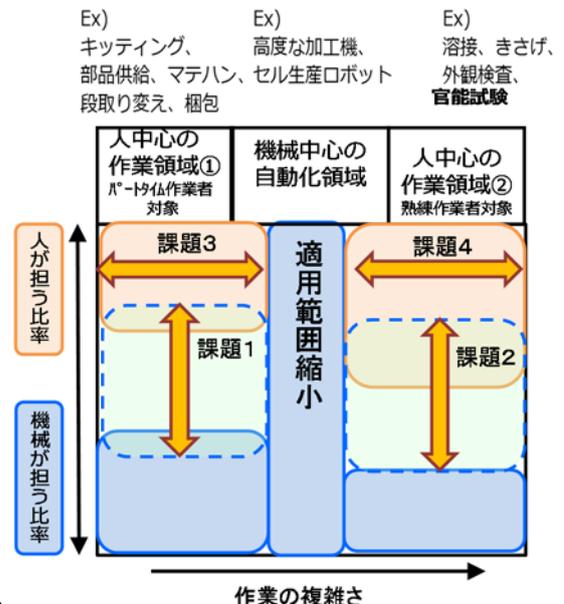


図1.2-1 ものづくり現場の人と機械の役割構成

1.3 実現目的・目標

ものづくり産業が将来に渡り主要な産業として活性化し日本に貢献する（GDPの2割、労働人口の2割を支える）には、上記のものづくり産業の現状と課題、社会構造の変化を踏まえ、具体的には以下の2つについて提言を検討する。

(1) 人中心の作業領域に適したシステム展開で労働生産性の高い変種変量生産を実現

変種変量生産においては、少ない設備投資で多様な仕事がこなせること、変量に対して規模の増減に応じてスケールラブルに構成でき、適宜人と機械の役割を変更できることが求め

られる。また、調査した中小企業では IT を活用した作業の見える化や社員の多能工化が進むことで工程間の相互理解が深まり、無駄の排除、工程間連携の合理化が自然と進み、飛躍的な生産性向上を実現している事例がある。このように人中心の領域では、人に内包されている付帯作業や判断を含めて見える化し、作業への理解が進むことで創造的な能力が発揮され、生産性向上に大きく影響する。そのため、普段から作業記録が自然に収集され、機械だけでなく作業員をモデル化し、最適な生産手順や役割分担をシミュレーションする技術が求められる。その結果をリアルタイムに、現場に反映し、フレキシブルに生産の状態や各人の状態に応じて適切なサポートができる能力拡張型の人と機械の協調生産システムの構築が必要である。領域①では初心者への垂直立上げ、スキル差異の補完、学習支援を、領域②では熟練技術の習得の加速を実現することを目指す。また、仲間回しなど、すりあわせ型の生産連携を合理化していくことで生産リスク分散や負荷分散だけでなく、新たな技術融合促進を目指す。(図 1.3-1 参照)

(2) マルチタレントマネジメントシステム導入による多様な人材活用実現と能力向上を実現
100年ライフの到来など多様化する労働者の能力を発揮させるには、画一的なマネジメントではなく、各人の能力・状態に応じたマネジメントが必要である。

調査した中小企業の中には、倒産寸前の状態から設備投資や従業員の入れ替えなしに、社員のやる気を引き出す施策を駆使して業績を急回復させた例もあり、従業員のモチベーション向上は経営上必須の課題である。しかし、実際に成果を上げた取り組みは経営者の強いリーダーシップやパーソナリティに依存しており、そのまま広く展開することは難しい。したがって、何らかの指標で労働の質(QoW: Quality of Working)を見える化することで、セルフケアや組織マネジメントを支援するマルチタレントマネジメントシステムが必要であり、能力を発揮しやすい労働環境の構築による労働人口確保と、労働者(高齢者などの潜在労働力含む)の労働寿命延伸と生涯能力向上に取組み、積極的な技能伝承への意欲を醸成し、労働生産性の向上をめざす。(図1.3-2参照)

この実現により、変種変量生産に移行しても、日本の強い現場力(機械の使いこなしや個々人の能力拡大意欲等)を活かした産業競争力を獲得できると考える。さらに、グローバルへの展開においても、各国、各地の人材に最適な支援を実現し地産地消の効果を拡大できると考える。

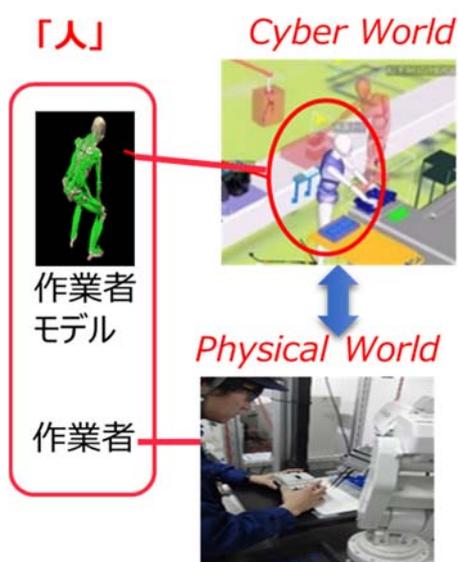


図 1.3-1 新たなものづくりシステムイメージ

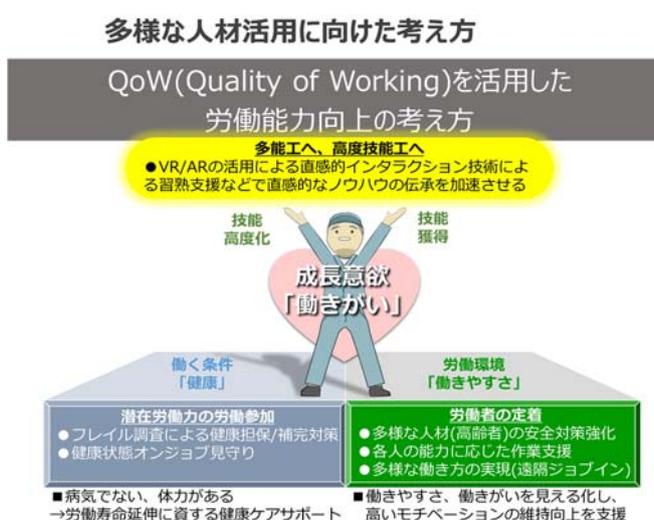


図 1.3-2 QoW を活用した労働能力向上の考え方

2. 活動概要

2.1 新たなものづくり革新

変種変量生産への対応力を強化し、産業競争力を向上させるためには、柔軟な対応が可能なものづくりシステムである必要がある。「変種」に対しては、固定的な機械のみによる生産での対応は不可能であり、少ない設備投資で多様な仕事をこなせることが必須である。また、「変量」に対しては、生産規模増減に応じてスケラブルに構成できる、モジュール型の生産形態であることが必要である。これらを実現するためには、人の柔軟な能力を活用し多様な作業を実現しつつ、生産規模に応じて適宜機械化の割合を段階的に増減できるような、人中心で、機械による能力拡張を行う、人-機械能力拡張型生産システムの実現が望ましい。

しかし、その実現のためには、多様な人の能力に対応して必要な生産性と生産品質を確保すること、人と機械のトータルでの生産管理を最適に行うこと、さらには特定の企業内では確保できない人材を企業間連携で補うこと、といった課題を解決する必要がある。

図2.1-1は、新たなものづくり革新を実現する人-機械能力拡張型生産システムに必要な、ものづくり現場、企業内の生産管理、企業間のものづくりネットワークの3階層の構成を示しているが、これに人の内面世界(意欲、やる気、充足感)といった要素も反映していくことで、近年CPS(Cyber Physical System)を拡張した概念として提唱されているデジタルトリプレット(実世界+情報世界+知識・モデル世界)[2.1-1]と対応させることもできる。2.1.1節では、ものづくり現場における基本構成となる人-機械能力拡張型CPSについて述べる。次に、2.1.2節では、機械のサポートとIT技術により、個人レベルでの柔軟性を活しつつ、人と機械の役割分担を最適に配置する生産計画や、生産技術者の育成について述べる。さらに、2.1.3節では、ものづくりネットワークによる生産連携や技能伝承について述べた後、中小企業の生産性向上に向けた協調領域DBの構築やプラットフォーム活用を目的とするものづくり革新拠点が備えるべき要件を2.1.4節で述べる。

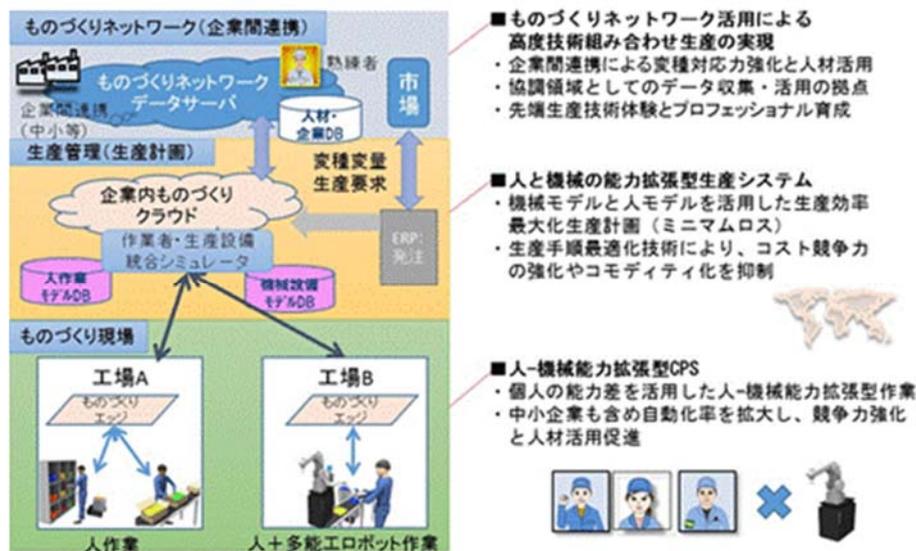


図2.1-1 ものづくり革新の全体像

2.1.1 人-機械能力拡張型CPS

これまでの生産システムは、IoT化によってシステム化が進み、加工装置などの稼働状態把握、一部ロボットとの連携等が進んでいる一方で、これまで人がシステムと切り離されており、機器の稼働状況に合わせて人の方が融通を利かせて作業を行っているケースが多い。これに対して、新たな人-機械能力拡張型のシステムでは、機械・ITが人の能力を拡張・サポートすることが重要となる。そのための基礎となる技術が人の作業(能力)の見える化である。

(1)人の能力の見える化

人の能力の見える化に期待される1つ目の効果は、生産システムへの最適な人員配置である。こうした視点は中小企業調査(補足1参照)からも裏付けられており、例えば高齢者の時間的・地理的制約を考慮した職務遂行が行われている(装置製造業)。現状の取組みでは、人の能力に合った人員配置は経験的に行われているが、CPS技術を活用して人の作業のモデルも含めたシミュレーション環境を構築することで、最適な人-機械能力拡張型生産システムを実現することができる。

一方で人の能力には変化する要素(疲労による能力低下、習熟による能力向上等)がある。このため、リアルタイム性による人と作業との適合性維持の実現は、2つ目の期待効果となる。

なお、中小企業調査を通じて得られた知見として、人の能力の見える化技術に期待する一方で、導入に対する懸念点も存在することが分かった。具体的には、作業員個人の働きぶりが見える化されることには、導入ステップに慎重な配慮が必要であり、導入現場でのモチベーション向上(エンターテインメント的感覚なども含む)、作業員自身の保護手段となる(瑕疵がないことの証明等)等の丁寧な仕組みづくりが重要であるとの意見が得られている(加工製造業)。

(2)人の作業のモデル化

人の能力の見える化では、作業の内容・質まで表現可能な人モデルの定義が重要である。これにより、人が作業を行う時、どのような動きをして、どのくらいの作業能率や作業品質となるか、といった表現が可能となる。また、この人モデルでは、人の能力や、人の体調や体の動かし方と関係があるため、筋骨格モデルの考慮も必要である。さらには、認知、感覚能力や判断能力まで含めて考慮できることや、共通的なプラットフォームを利用した仕組みになっていることが望ましい。

また、人が機械とともに作業を行う際には、機械に不慣れな人でも、操作を間違えずに人-機械生産作業を行える必要があり、直感的なI/Fを含む各種IT技術等が有効であると考えられる。

(3)技能の見える化

図1.2.1-領域②の作業は、自動化が困難な高度な作業であり、低下した能力の支援だけでは人と作業との適合性を維持できない。ここでは技能の見える化が必要になってくる。技能の見える化とは、作業の実現方法の形式知化(質的情報)であり、分析によって明らかとなる。先行事例(補足2(2)等)における技能データは作業前の段取りに関する技能を対象としているが、今後はウェアラブルセンサ等の活用により作業中の技能についても計測が可能となると考えられる。

中小企業調査では工具にかかる力をリアルタイムに計測可能なツールを提供することで、技能の見える化を図る取組みが見られた(加工製造業)。また、作業工程の社内標準工程化が追い付かないため、作業要領書等を自然に蓄積できる技術への期待も高い(部品加工業)。このため、作業要領書の必要性を強く感じている若手作業員が主となり、動画・写真付きの電子要領書(タブレット活用)を作成・更新している事例も見られた(金型加工業)。これをさらに進め、熟練作業のノウハウを単純に形式化するのではなく、作業行動、判断、注目点等が自動的に記録され、参照が容易な技術等も必要となると考えられる。また、共通的なプラットフォームにつなぐためのプロトコル・DB形式の整備も重要である。これらの手法については、共通性、技術的難易度も高いことから公的研究拠点で実施することが求められる。

2.1.2 人-機械能力拡張型生産システム

2.1.1節で述べた人の作業の見える化の仕組みを活用し、人モデルも含めたシミュレーション環境を構築することで、最適な人-機械能力拡張型生産システムを実現する。

(1)人-機械能力拡張型生産システムのモデル化

人と作業との適合性を高めるためには、能力と作業との関係性が重要であるが、単純作業である図1.2.1-領域①の作業と、難易度が高い図1.2.1-領域②の作業では、異なる観点が必要である。

前者の領域①では、高度な技能を必要としない単純作業が主で、多様な作業への適性が重要となる。図2.1-2の左側は、単純作業に対する生産システムの従来形態であり、固定的な機械(製

造設備)に対して、人の標準的な作業量を規定して割付けることで、生産システム全体の管理を容易とし、生産効率と品質を最大化することを目指している。これに対して、新たなものづくり革新では、図2.1-2の右側のような、人中心・機械による能力拡張型の人-機械能力拡張型生産システムを目指す。ここでは、設備投資は抑制した人主体の生産形態とし、人の能力や体調、あるいは生産規模の変動において、一部を機械による人の能力拡張(補助)によって実現する。これにより、人の能力差を補正(拡張)し、生産性や品質を管理・確保しやすくするとともに、多様な人材雇用を可能とすることで、生産規模の増減にも対応しやすくなる。構成イメージは補足2(6)に示した。

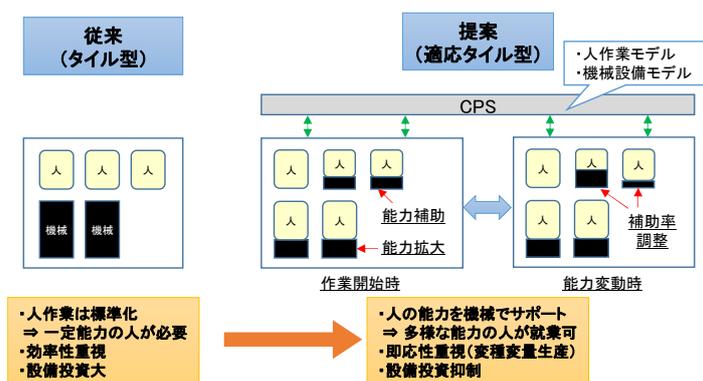


図2.1-2 単純作業に対する人-機械能力拡張型生産システム

(2) 熟練者技能の分析・再構成

図1.2.1-領域②の作業では、比較的高度な技能を必要とするため、非画一的な人材能力の管理と、企業内だけでは確保できない人材の企業間連携による確保という視点が重要となる。これらについては、2.1.3 節のものづくりネットワークにて述べるが、ここでは、まず熟練者技能特有の課題点と対策についてまとめる。熟練者技能の伝承においては、必要となる勘所(コツ)が多彩であり、基本的には見せて教えることが重要である。しかし、力の掛け具合といった見せるだけでは伝わらない部分では定量化が重要となる。中小企業調査でも、技能伝承におけるイメージ化(ビデオ活用)に加えて、設計根拠や加工基準等の定量化及び関係式の明確化も必要であるとの意見が得られており(装置製造業、金型加工業)、これを支援する研究開発(定量化技術、ブレインモデル構築技術等)を進める必要がある。これにより、一定の技能レベルを有する作業員に対してはシステムが作業員を適切に支援することでより高度な作業を行うことが可能であり、暗黙知の顕在化が図られることから中期的な伝承効果も期待することができる(補足2(7)参照)。

(3) 人-機械能力拡張型生産システムの活用例 (デジタルOJT)

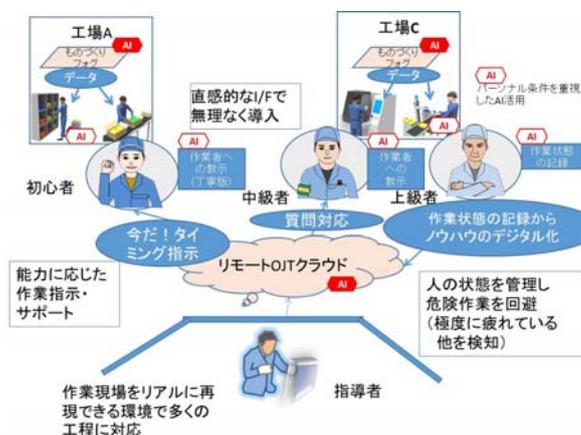


図2.1-3 デジタルOJT(リモートOJT)の例

図2.1-3に、IoT[補足2(4), 2.1-2]のしくみを活用し、人に合わせた能力拡張・支援を行うデジタルOJTシステムの例としてリモートOJTのイメージを示す。前節で述べた見える化技術により、人の能力や作業を把握し、IoTやAIなどの技術を活用して、初心者に対する適切な作業指導による技能向上や品質管理を行う。一方、上級者に対しては、その作業内容をデジタル化して分析し、初心者を支援するための模範とする標準作業データを作成する。

こうした遠隔監視機能があらかじめシステムに組み込まれている場合は、シルバー人材活用にも有効な手段となり、テレワークも含めて実施できる。また、これらに対する導入促進策(優遇措置等)を図ることも有効な施策であると考えられる。なお、中小企業調査では、経験のある高齢者を遠隔監視機能に活用している事例を確認することができたが(装置製造業)、課題としてデータ流出に抵抗感がある地域(国内、アジア圏)では導入が進みにくい実情があるとの見も得られており、この点については留意する必要がある。

2. 1. 3 ものづくりネットワーク

(1) 企業間連携

企業内で保有・伝承すべきコアとなる技術の伝承、保有しきれない技術の企業間連携による獲得、さらにはそれらを推進するために企業間での人的・設備的リソースを融通しあう生産連携(いわゆる仲間回し)の概念図を図2.1-4に示した。この中では、伝承による技能の拡大並びに不足技能表現のためには能力の標準指標を持つことが重要であることも示している。

人材DB作成や人材育成を行う場合にはその能力の見える化(レベル認定)が必要であるが、一般的なレベル認定については、既存の検査手法を活用することが有効である(厚生労働省編一般職業適性検査(GATB)、補足2(1)等)。また、高齢者向けには、これを拡張する取組を行うことも有効であると考えられる。これらのことから、公的研究機関で能力の標準指標を定義した上で、ものづくりの実証を行う拠点に導入・整備することが必要である。

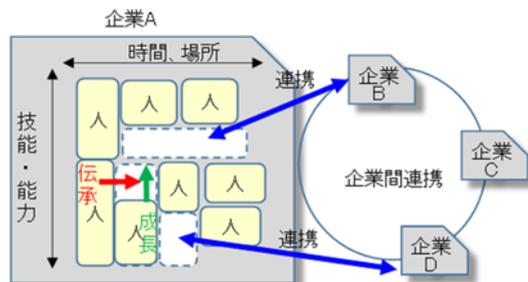


図2.1-4 企業間における生産連携

(2) 技能伝承のためのアプローチ

熟練技能の伝承にはこれまで各種の取り組みが行われてきたが(補足2(8)参照)、専門性が高くなるため、必要技能のマッチング及びレベル認定を行う仕組みが重要となる。

また、産業界において必要とされる熟練技能情報を共有し、技能習得をタイムリーに行える教育プログラムを大学や高等専門学校等の教育機関で整備することも重要である。さらに、熟練技能の能力認定を制度化し、熟練技能者層の拡大、人材流通促進を図ることも有効となる。このような狙いのもと、公的研究機関にて現場の熟練作業者の技能を定量的に見える化するしくみを構築、熟練作業の中での共通的技能を抽出・分析するフレームワークを整備して中小企業を含む幅広い民間企業に提供することで、製造業全体の産業競争力強化が期待される。

一方、競争領域となる企業独自の技能については独自の指標で判断、確立すべき性格を有している。中小企業調査でも、自社内でマイスター認定制度といったものを活用している企業も見られた(加工製造業)。こうしたことから、各企業固有の熟練作業については、有償の個別コンサルティング業務として、熟練技能の見える化支援を非公開で実施することで、各企業のノウハウを守りつつ産業競争力維持・向上に貢献することができる。

2.1.4 ものづくり革新拠点

前節までの分析・提言内容を具現化していくため、ものづくり革新拠点を構築していくことが有効である。ここでは、同拠点が備えるべき機能要件や持続的な運営を図るための仕組みを述べる。

(1)ものづくり実証と生産プラットフォーム基盤整備

変種変量生産では、最も効率の良い人と機械の生産システムを構成する必要があり、各種取組みが行われてきた(補足2(3)参照)。しかし、各企業内での生産設備への投資機会の減少から、人と機械の生産システムを独自で設計・構築・保守できる場を持つことが難しくなっている。こうしたことから、ものづくり革新拠点を実証の場として整備していく必要性が高まっている。

また、本拠点には公的研究機関を中心とした技術開発・技術発信の拠点としての役割が期待されるが、そのために代表的なモデルケース事例に関連する企業が参画した研究開発プロジェクト体制を構成し、AI技術なども活用した研究開発成果を再利用可能な形で確立・発信していくことが重要となる。この際、産業競争力強化を見据え、世界をリードする最先端の生産モデルケースを目指すとともに、様々なメーカーの機械装置に対応可能で、メーカーに依存しないオープンプラットフォーム型生産プラットフォームの基盤整備も必要となる。

(2)企業間連携(生産連携プラットフォーム)

変種変量生産の時代になると、一企業だけで全ての製品を生産することが困難となり、社外リソース(設備や人)を効果的に活用することが有効である。こうした仲間回しの仕組み(生産連携プラットフォーム)は、高度な技術をもつ各企業のリソース活用による価値創出の増大につながる。企業と企業をつなぐ生産連携窓口としては悉皆屋モデル[2.1-3]が有効であり、前節で述べたような共通指標があれば、各中小企業等がどのような分野に強みがあるかという人材・企業内容の見える化が図られる。

(3)生産立ち上げ支援型ファブ拠点

ものづくり革新拠点のコア技術、プラットフォームについては、各地域のものづくり拠点に展開し、各地域企業が試作段階から小ロット生産段階まで対応することもできる時間貸しファブ拠点といった形での拠点活用機会の増大、投資コスト最小化の観点から有用な手段となる。

(4)協調領域としてのデータ収集・活用

協調領域としてのデータ収集・活用の観点から、ものづくり革新拠点のプラットフォームやシステムを各地域のものづくり拠点や中小企業に展開し、対価としてのデータ収集を可能とすることは有効な施策となる。

一方で、各企業のノウハウ保護視点からは、共通指標表現と競争指標表現の双方が必要となると考えられる。このように、データ管理や提供レベルとして複数段階を設定し、データ保護の観点からの制限を設けることに留意する必要がある。

(5)先端生産技術体験とプロフェッショナル育成

ものづくり革新拠点では、人-機械能力拡張型生産システムの試用・体験を通じて、生産システム技術を実習する教育カリキュラムを整備することが重要である。中小企業調査でも、ITフレームワーク試用、センサキット活用、プレ実証・体験を行う場があれば、導入コスト低減だけでなく、IoT推進人材の育成・自社内への定着といった効果を期待する声が多数聞かれた(電子部品製造業、メッキ加工業、金型加工業)。

また、公的研究機関や大学により「生産プロフェッショナル」としての必要要件を研究し、必要技術の明確化と育成ガイドを整備し、これに基づいた教育・研修を行っていくことが望まれる。ここで、「生産プロフェッショナル」とは、生産システム技術者のうち、高度な生産システムの設計、構築、保守および指導などを行える技術者を指す。

2.2 各人の労働能力を引き出すマルチタレントマネジメントシステム

2.2.1 労働参加→雇用継続→成長の3ステップシステムの実現

人口減少・人手不足社会に入っているわが国では、全ての年代の人々が希望に応じて、意欲能力を活かして活躍するエイジレスな社会を実現する必要がある[2.2-1]。そのためには、高齢者や女性、障がい者などを含む多様な人材の労働参加を可能とするとともに、各人が能力を十分に発揮できるしきみを整備し、労働人口の拡大と労働生産性の向上を実現することが、労働者、雇用企業、社会全体のすべてにとって重要である。

人々の能力を引き出すためには仕事の質(QoW)を向上させ、いきいきと働く状態を実現する必要がある。本プロジェクトでは、OECDにおける「労働環境の質」の検討[2.2-2]等を踏まえ、人材活用のベースとなる「健康」、すなわち健康担保による働ける人の拡大、「働きやすさ」、すなわち勤務条件や人間関係などの働きやすい環境整備による雇用維持拡大、「働きがい」、すなわち働きがい向上による働く能力の引き出し、の三要素からなるQoWを考えた。このQoWを経営者視点から考えると、図2.2-1に示すように人材確保、定着から労働生産性向上までに至る経営課題を

人材活用面から3ステップ(労働参加→雇用継続→共有成長)で解決し、2.1節で述べた人-機械能力拡張型生産システムによる取り組みを補完するものと考えられる。これにより、職場の労働者一人ひとりが持つ異なる能力や特性(タレント)に合わせて高いパフォーマンスを引き出し、職場全体の生産性を上げていくマルチタレントマネジメントシステムが実現できる。



図2.2-1 3ステップシステム

「健康」に関して、従業員の健康の維持・増進を「投資」と捉える健康経営が日本再興戦略に位置づけられ、「国民の健康寿命の延伸」に対する取組の一つとして推進されている。米国において、S&P500(スタンダードアンドプアーズ500株価指数)との比較で、優良健康経営表彰企業の方が業績がよいとの報告がある[2.2-3]。国内でも、メンタルヘルスの不調が企業業績に与える影響について検証されており、メンタルヘルス休職者比率は2年程度のタイムラグを伴って売上高利益率に負の影響を与えるとの報告[2.2-4]がある。これらの報告から、従業員の身体的・精神的な健康の維持が企業にとって経営的な側面からも重要である。

「働きやすさ」や「働きがい」に関して、働き方改革の取り組みに対するアンケートで、業績が好調な職場の従業員の8割が「働きやすい職場」と回答しており、その因果関係は不明であるが両者に正の相関があることが示されている[2.2-5]。本プロジェクトの中小企業調査では、「働きやすさ」に関して柔軟な働き方の提供、有給休暇取得促進や休日出勤禁止などの働き方改革が行われていることが分かった。「働きがい」も、仕事の意義の説明、経営情報や目標の共有(従業員参加型経営、仕事を自分事にする)、スキルマップで従業員の能力見える化し、やる気を引き出すなどの工夫が見られた。これらは経営側が試行錯誤しながら多大な労力を費やして行われており、本プロジェクトで提言しているQoWへの関心も高い。

以上から、職場や工場単位で計測されたQoWを経営層にフィードバックし、QoWを向上させる各種施策を実施することで労働生産性や売上高利益率の向上に結び付けるQoW経営が期待できる。

2.2.2 健康:安心感の醸成による労働参加の促進

パーソル総合研究所の「労働市場の未来推計」(2016.11.1改訂版)によると、2025年時点での65-69歳の労働力率を60-64歳のレベルまで引き上げると(男性:57.6%→79.1%、女性:39.4%→66.6%)、167万人(男性:71万人、女性:96万人)の労働人口の供給増加が見込める。また、

JILPT(労働政策研究・研修機構)の調査で、高齢者雇用に関する経営者の意識として「健康上支障がないこと」が58.7%を占め、労災リスクへの懸念が課題として認識されており、労働者側の意識として「自身の健康上の理由」が32.7%を占めている。また、後述する独自調査においても、「自由な時間が欲しい」という理由に続き、「病気やけがなどの体調面の不安がある」との理由で仕事をしていない前期高齢者が多かった。これらのことから、健康の維持、これまでの能力や知識を活かす、新規技術への適応、労働参加のための支援環境等のサポートのしくみがあれば、労働参加の促進が期待できる。さらに、中小企業調査において、70歳を超える高齢者の雇用が多く見られた。定年後の雇用延長だけでなく、大企業の定年退職者を採用している企業もある。例えばカスタマイズ製品を生産する企業では、高齢者が有する設計の経験が企業の技術力保持に不可欠となっている。

(1) 潜在労働力見積のための「健康・活動状況に関する調査」

現在の社会における潜在労働力の試算やフレイルの評価を行うことを目的に、「健康・活動状況に関する調査」を2017年12月から開始した。65歳以上74歳以下の男女を対象に、健康や活動状況に関するアンケート及び体力測定データの収集と解析を進めているところである。調査は継続中ではあるが、12月1日から21日までに調査に協力した187人のうち、調査時点で「仕事をしていない」と回答した者は98人(52%)であった。このうち、「仕事をしたいと思わない」と回答した76人の理由を図2.2-3に示す(複数回答可)。「自由な時間が欲しい」(33人)、「病気やけがなどの体調面の不安がある」(29人)、「仕事はもう十分にした」(26人)、「生活に困らない、やりくりで何とかできる」(25人)が上位の理由であった(補足3参照)。引き続き、健康や活動状況に関するアンケート及び体力測定データの収集と、その解析を進めることにより、潜在労働力見積の検討を進める。

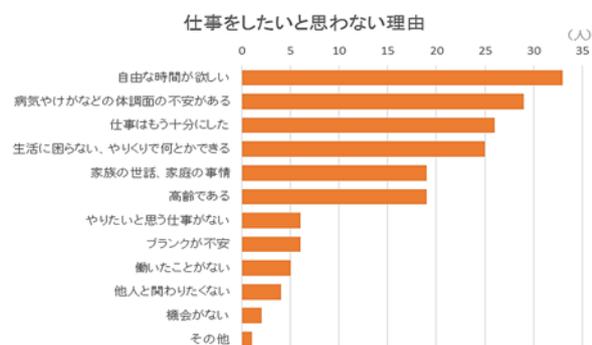


図2.2-3 前期高齢者が仕事をしたいと思わない理由

(2) 健康の担保としてのフレイルの検出

高齢者の労働参加をサポートのしくみを実現するためには、加齢に伴う身体的能力・認知能力の低下度合いについて、労働者側と雇用者側の双方が納得できる指標が有効である。そこで、高齢者の就労における健康不安を解消する新たな指標を作成する際の基礎的要素として「フレイル(Frailty)」に注目した。フレイルは、近年、特に医学・加齢学の領域において取り入れられつつある心身の虚弱に関する概念[2.2-6,7]で、「高齢者が筋力や活動が低下して要介護に陥る前の虚弱状態であるものの、しかるべき介入により再び健康な状態に戻りうる状態」であるとされ、身体的な変化だけでなく、気力の低下等の精神的・社会的な変化も含まれる。診断基準については様々な議論があるが、「臨床フレイル・スケール」では、「レベル1: 壮健(very fit)」から「レベル9: 疾患の終末期(terminally ill)」までの9つのレベルに分類しており[2.2-8]、「レベル1~3: 健康管理しつつ元気な状態を維持(managing well)」を維持し、「レベル4: 脆弱(vulnerable)」や「レベル5: 軽度のフレイル(mildly frail)」からの回復を図って労働寿命を延伸することが、本人のためにも社会のためにも重要であると考えられる。

(3) 労働フレイル指標(FIW: Frailty Index of Working)

常時計測されるフレイルの度合いに基づいて、フレイル状態への移行の阻止や職場環境の改善などを実現するためには、計測結果を正しく評価し労使双方で共有するための「労働フレイル指標(FIW)」の確立が有効である。そのためには、公的データをはじめとする健康に係るデータ等から、FIWの指標となり得る複数の項目を精査するとともに、それらを補完するためのデータをフィ

ールド調査で収集するなどの研究が必要となる。

フレイルやその予兆を早期に検出し対策するためには、(a)検出の精度や感度が高く、(b)日常的かつ自動的に計測可能な評価手法が望まれる。その実現に向け、従来の問診や行動計測に替わる、機械計測による軽負荷で定量的な評価法の研究開発、検証と社会実装が必要である。9つの疫学追跡調査をメタ解析し、約35,000人の健康水準を解析した研究では、歩行速度から平均余命が推定可能であることを示しているほか、年齢と性別に病状、BMI、血圧や病歴を加えて推定するよりも、歩行速度を加えた方が生存率を高精度に予測可能としている[2.2-9]。

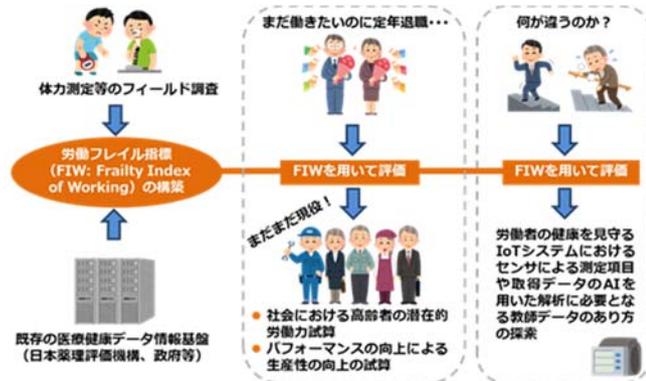


図2.2-2 労働フレイル指標の構築と活用

日常的かつ自動的に計測可能な評価手法としては、例えば労働者が装着した加速度センサーや労働現場に多数設置したカメラの画像から歩行速度を算出する方法などが考えられ、日常的に得られたデータから平均速度、最高速度、速度と時間の積など、より詳細な健康水準を表す項目を抽出することにより検出精度が向上する可能性がある。また、検出感度については、たとえば業務内容を意図的に変動させた際の歩行速度の変化を取得し、確率共鳴現象による感度向上を試みる事が考えられる。確立したFIWを活用することで、高齢者層を中心とした労働現場におけるセンサ等による個々人の常時見守りと、若・中年者層を含めた生活習慣の改善指導・助言による社会活動寿命の延伸が期待できる。さらに求職現場へも適用して安心感を提供し、非就労者の潜在労働力を顕在化させることが期待できる。

(4) 変種変量に対応した製造技術の取り入れの際の作業者の適応

「健康・活動状況に関する調査」は前期高齢者(65-74歳)を対象とした調査であるが、変種変量に対応した製造技術の取り入れの際には、現役の作業者の適応についても重要な課題である。

品質保証、作業員等のエラーを考慮した作業員の適応の検討には、人と製造技術とのインタラクションを考慮することが重要である。その際、作業員の制御感を損なうような自動化等により、作業員の能力の低下が懸念されていることから、「人」が主役となる生産システムとなるよう、作業員の制御感の捉え方の検討を進める。

2. 2. 3 働きやすさ:多様な働き方とITを活用した環境づくり

生涯現役の3ステップシステム(図2.2-1)における‘STEP2’では、経営(管理)者、労働者と家族、顧客やパートナー企業、地域住民、自治体等のすべてのステークホルダーが、「働くこと」の意義を深く理解し合い、一体感を共有していることが望ましい。そのために、一人ひとりの心身の状態やライフスタイルに合わせて「多様な働き方」を選択できる仕組みづくりは第一歩といえる。さらに、各ステークホルダーはそれぞれの「ありたい姿」を分かち合い、「より価値の高い商品・サービス」を目指して、それぞれの持ち場においてITを活用した環境づくりに取り組むことが肝要である。

(1) 多様な働き方を選択できる社会制度の整備

人生100年時代構想会議[2.2-10]においては、「人材採用の多元化」及び「多様な形の高齢者雇用」が主要テーマのひとつに取り上げられている。例えば、連合は「働くことを軸とする安心社会」を提言している[2.2-11]。そこでは、「多様な働き方を通じて社会に参加でき、社会的・経済的に自立することを軸とし」、「介護や子育てで働くことをあきらめない制度」や「自分の意思で働き方を選べる制度」などの整備を施策として掲げている。

国内人口の減少(少子化)と平均寿命の伸び(高齢化)は、社会保障モデル(年金、医療・介護)

の変革と同時に、雇用モデル(定年、正規・非正規社員)の変革を要請しており、多様な働き方の実現は、双方の変革にとって大変重要な意味を持つ。しかも、多様な働き方は、個人の充足度(幸福)と企業の生産性(利益)に大きな影響を及ぼし、社会全体の活力を左右すると考えられる。特に、働く意欲がある高齢者や女性(子育てや介護をしながら就業を希望する人たち)に対して、企業の経営者が、ワーク・ライフ・バランスに配慮した雇用を実施できれば、地域社会の活性化や自治体の財政健全化につながる。また、高齢者や女性における多様な働き方の実現が、成年男性の働き方を根本的に変革する‘突破口’になる可能性を含んでいることにも着目しておきたい。

(2)ものづくりの現場におけるITを活用した環境づくり

人生100年時代を前提とする「多様な働き方」を、企業や業界が統一的に提示し、実行することは容易ではない。それは、各企業や各業界の雇用モデル(人材採用・配置、人事評価・賃金体系等)が、現存のビジネスモデル(市場・顧客、事業構成、収益構造等)と密接に関係しており、雇用モデルの変革は企業存続の重大なリスクをとめない、コストや時間がかかるためである。

見方を変えれば、『働く意欲がある高齢者や女性を人財として雇用することが、むしろメリットになる』というビジネスモデルを創造できる企業が、「多様な働き方」を早期に無理なく実現し、地域社会へ浸透・定着させていく波及力を持つと考えられる。ものづくりの現場では、高齢者の雇用を継続していく上で、例えば、以下のような「ITを活用した環境づくり」が有効と考えられる。

① 安全確保・体調見守りシステム

高齢者の雇用においては、雇用される側には健康不安、雇用する側には安全確保への懸念がある。作業者の動作解析などにより作業品質や疲労状態をモニターし、製造品質を確保するための適切な支援による安全確保や体調見守りを実現するシステムの開発が求められる。

- ・一人ひとりの心身の状態や疲労度・作業品質をセンシングし、タイムリーに支援するサービス
- ・一人ひとりの長所を生かし、スキルを補充・強化するVR/AR/MR*等を応用したサービス

*)VR:Virtual Reality(仮想現実)、AR: Augmented Reality(拡張現実)、MR: Mixed Reality(複合現実)

② 柔軟な働き方を実現するジョブスケジューリングシステム

すべての年代の人々が希望に応じて意欲・能力を活かして活躍できるためには、各人が都合の良い時間に働けるスケジューリングが重要となる。特に、高齢者や子育て中の女性などはパートタイムの就労形態を指向する傾向が強く、急な所用により就労できなくなることも少なくないが、それでも支障なく生産が達成できるシステムが必要となる。

- ・一人ひとりの働き都合や能力に合わせて、ジョブアサイン/ジョブスケジューリングを行う

2. 2. 4 働きがい:共感・成長意欲促進による労働生産性の向上

労働における動機は外発的動機(金銭など仕事以外の報酬による)と内発的動機(仕事そのものへの関心や好奇心による)に分類されるが、人がいきいきと働くためには、この内発的動機づけを高めるしくみづくりが必要となる。労働に関する内発的動機づけを高める要因としては、自律性(自ら環境をコントロールし、自らの行動を主体的に決めているという感覚)、有能感(自らの行動でなにかを成し遂げることができるという、自らに対する確信)、他者関連性(他者と結びつき、互いに尊重しあう関係性)が知られている。実験社会心理学により産業・組織場面にて内発的動機づけの構成要素、その重みづけや関連性を調査、解析した例も報告されている[2.2-12]。

このように、労働における動機づけや働きがいの構成要素として、コミュニケーション、楽しさや人間関係が含まれていることや[2.2-12]、広義のフレイルや高齢者総合機能評価の中には社会性や鬱に関する項目が含まれていること[2.2-13]などが知られているが、その基準や指標の確立は進んでいない[2.2-9]。以下では本プロジェクトの中小企業調査で得られた知見から働きがい向上に繋がると思われる施策について述べる。

(1)共感の醸成

調査企業の多くにおいて、社員が自分の担当する仕事を他人事ではなく自分事と考え、経営者

や共に働く職場の仲間、顧客や社会との共感を醸成する仕組みが見られた。例えば、生産量や不良率など生産状況を示す数値や経営指標を社員と共有する、受注するかどうかは社長や上司ではなく担当する社員が決める、担当する工程の前後工程も経験させて自発的に相互協力しやすくする、などは社内での情報共有や当事者意識を高めて共感を醸成する仕組みと考えられる。また、顧客ごとのカスタマイズ品を最終的に納入するまで担当が対応する仕組みとする、製造した部品が最終製品のどこに使われて社会に役立っているかを示す、などは社外との関わりにおいて共感を醸成する仕組みと言える。いずれも、自律感、有能感、他者関連性を強化する取り組みと言え、内発的動機づけを高める仕組みと理解できる。

(2) 成長意欲の促進

調査した企業では、雇用延長や大企業定年退職者の採用により、70歳を超える高齢者を雇用して持てる経験を活用する例が多く見られた。しかしながら、後進への伝承がシステムとして確立しておらず、経営層の多くが課題として認識していた。これに対し、通常とは逆に指導を受ける側がマニュアルを作成する仕組みとして若年層のITスキルをマニュアル整備に活用するとともに成長意欲の促進につなげ、戦力化までの期間を1/3～1/5に短縮した例や、職務に必要な技能をスキルマップで見える化してやる気を引き出すなど、成長意欲を上手に引き出して技能伝承や能力向上に結び付ける仕組みが少ないながらも見られた。これらの効率的な成長に向けた取り組みは労使双方に多大なメリットをもたらすことから、汎用的に使われる仕組みへの発展が今後重要である。例えば、フロー理論など成長や意欲に関する心理学的な視点と近年急激に進歩しているVRやAR等のIT技術を組み合わせ、成長意欲を効率的な技能伝承や習熟に結び付けるシステムの開発などが考えられる。

(3) 働きがいの評価と活用

さまざまな中小企業調査を通して、経営層は従業員のやる気を引き出すために様々な施策を試行錯誤し、多大な労力を費やしていることが明らかになった。中には、倒産寸前の状態から設備投資や従業員の入替えなしに、社員のやる気を引き出す施策を駆使して業績を急回復させた例もあり、従業員のモチベーション向上は経営上必須の課題である。しかし、実際に成果を上げた取り組みは経営者の強いリーダーシップやパーソナリティに依存しており、そのまま広く展開することは難しい。したがって、働きがいを何らかの形で評価し、活用する指針の構築が今後重要となってくる。

例えば、センサーネットワーク、ウェアラブル機器や情報端末により情報を取得・集積し、労働生産性や疲労・ストレスとの関係性を解析し、労働者個人に対して最適な物理労働環境を与えるシステムは、労働生産性の向上が期待出来る。関連する取り組みとして、顔表情画像の特徴点を抽出し、感情や心の健康状態を推定し、リハビリテーション効果を客観的に評価する検討[2.2-14]、音声の変化から心の状態を見える化し、メンタルヘルス不全の予防や早期発見を促すシステム[2.2-15]、ウェアラブル位置センサーにより労働者の行動や接触状況データを収集し、組織活性度を向上するシステム[2.2-16]などがビジネス段階に至っている。このように、動機づけや働きがいに関して、機械計測による個人の状態把握への可能性を検討すると共に、組織や企業の業績との関係性も評価し、企業業績の向上や社会の発展へのフィードバックに繋げる研究がQoW経営実現の上で重要と考える。

なお、労働者に対して機械計測される各種データが医療情報か、経営層が匿名化せずに閲覧することは法的に可能か、個人情報第三者提供に対する同意取得を要する対象か、同意取得を要するならその負荷や制約はいかほどか、取得するデータの種別ごとの保護の在り方に違いはあるか、など計測データの保護に関する検討や、倫理面も鑑みたオプトイン・オプトアウトなどの制度設計、包括的なデータの集積、流通、追跡や利活用が可能となる社会基盤の整備、データから導いた指標の法的な取り扱い、悪用対策と利便性のバランスなど、算出した指標の流通や活用に関する検討など、法的及び倫理的観点からの様々な整理検討が今後必要である。

3. プロジェクト提言骨子

3. 1 プロジェクト提言に向けた検討の視点

検討1:「人」が中心の作業領域での労働生産性向上—能力拡張型人・機械協調生産

従来機械化が進まなかった人中心の作業領域で、IT、AI、ロボットを活用した機械化支援を強化することで、生産性、品質向上を実現する必要がある。

その際、人は過剰サポートになるとやらされ感で技能習得力が低下し創造的な力を発揮しなくなるが、サポート不足では不安感を招き、ミスや生産効率低下に繋がる。そこで、人の認知・感覚、運動能力をモデル化して、最適な人と機械の協調関係をシミュレーションできるなど、能力拡張型の生産システムを実現する必要がある。これは、近年 CPS を拡張した概念として提唱されているデジタルトリプレット(実世界+情報世界+知識・モデル世界)[2.1-1]にも繋がる。その実現には比較的柔軟に構成できる IT、AI、ロボットなどを活用し、人と機械の作業の見える化や、生産の状態や各人の状態に応じてフレキシブルで適切なサポートを行うなど能力拡張型の人と機械の協調生産システム基盤を構築する。その基盤として、人と機器(メーカーが異なる)をつなぎ、作業記録からモデルを成長させる機能をもつプラットフォームが必要である。

このように、人を対象とした研究推進を行うため、公的な研究機関を核とした枠組みで取り組む必要がある。また、確立した基盤技術を各社の開発に展開したり、実際の現場(特に中小企業)にいち早く導入し競争力強化に繋げることが重要である。そのためには、導入を支える人材育成や主に人中心の作業領域を担っている中小企業との連携体制が必須である。

(現在中小企業の皆様に具体的な課題や対策事例及び本プロジェクトの施策方針について意見をお聞きしているが、概ね肯定的な反応を得られており、今後の活動についても協力可能とのご意見をいただいている)

検討2:一億総活躍に資する多様な人材活用の実現と技能伝承加速

変種変量のフレキシブルな生産では上述のように今後一層「人」の活用が重要になる。生産年齢人口が減少する社会で多様な人材を活用して高い生産性を実現するには、各個人の能力が十分引き出せる状態・環境の確保が重要となる。

急激に進む世界的な超高齢化や、近い将来に到来する100年ライフでは、20年間の教育期間、40年の労働期間、20年の老後期間という一斉更新のような3ステージからなる人生そのものが変化し、人生がマルチステージ化し、職業観、就業形態、人生観も大きく変化する。

このように多様化する労働者の能力を発揮させるには、平均を前提とした画一的なマネジメントではなく、各人の能力・状態に応じたマルチタレントマネジメントが求められる。そのためにはQoW(Quality of Working)として、健康状態を含めた労働能力、各人に応じた多様な働きやすさ・働きがいの状態が見える化し、セルフケアや組織マネジメントを支援することで、労働者(高齢者などの潜在労働力含む)の労働寿命延伸と生涯能力向上に取組み、戦力としての活躍を持続できる労働環境構築が求められる。

特に、労働参加の前提である「健康」の担保として、昨今医学の世界で盛んに研究されている健康長寿のための予知予防対策を労働現場へ導入し、100年ライフによる人生のマルチステージ化に対しては、新たな「働きやすさ」「働きがい」を構成する要素を見直して、働きやすい労働環境を再構築する必要がある。これにより、多様な人材を有益に活用し、新たな創造に繋がる生産性向上の実現をめざす。この実現には、医学・工学・心理学融合で取り組む体制構築が必須である。

3.2 プロジェクト提言概要

提言1: 能力拡張型生産システム基盤技術開発拠点構築、拠点運営と社会実装活動を推進する

コンソーシアム設立

作業者特性モデル構築と行動推定技術による適切な機械協調技術などの能力拡張型生産システムの基盤技術を産学官が集まって研究する公的な拠点として、ものづくり革新拠点(仮称)を構築し、企業間生産連携プラットフォームや見て触れる生産モデルの構築と検証を行う。この拠点は、経産省AIグローバル研究拠点の産総研模擬工場及び地域モデル拠頭に設置する。

拠点の運営母体として産が中心になってコンソーシアムを設立し、産業機器・システム関連メーカーとユーザ企業、地域の行政・産業団体、アカデミアが集まって社会実装活動を推進する。

また、モデル企業での実証データなどを技能モデル・人モデルとしてデータを整備し、参加企業の生産関連システムへのAI実装の効果検証など、競争力強化に貢献できる拠点とする。

<社会実装に向けた具体的施策と狙い>

設立するコンソーシアム、構築する産学官共同研究体制で以下を推進する。

- ・実装・検証するモデル企業選定し、地域産業施策と連携した事例づくりを進める。この活動を通じ、データ収集、事例PRし、地域企業への展開を推進する。同時に産技連「IoTものづくり部会」を活用し各県への技術移管など全国普及体制を整える。モデル企業から順次拡張することで、各企業内生産の効率向上だけでなく企業連携による経営体力強化につなげ、中小企業の労働生産性を大企業並みに引き上げる。
- ・能力拡張型人・機械協調のためのライブラリをエッジプラットフォームに実装し、国内外普及推進する。さらに、産業機器、SI企業他が連携して、新たな生産ソリューション事業としてグローバル市場、特にアジアなど、人中心のものづくりが集積している市場の獲得に繋げる。
- ・新たな生産工学、企業現場を支える高度技能者育成と雇用促進(大学、高専活用)に繋げる。

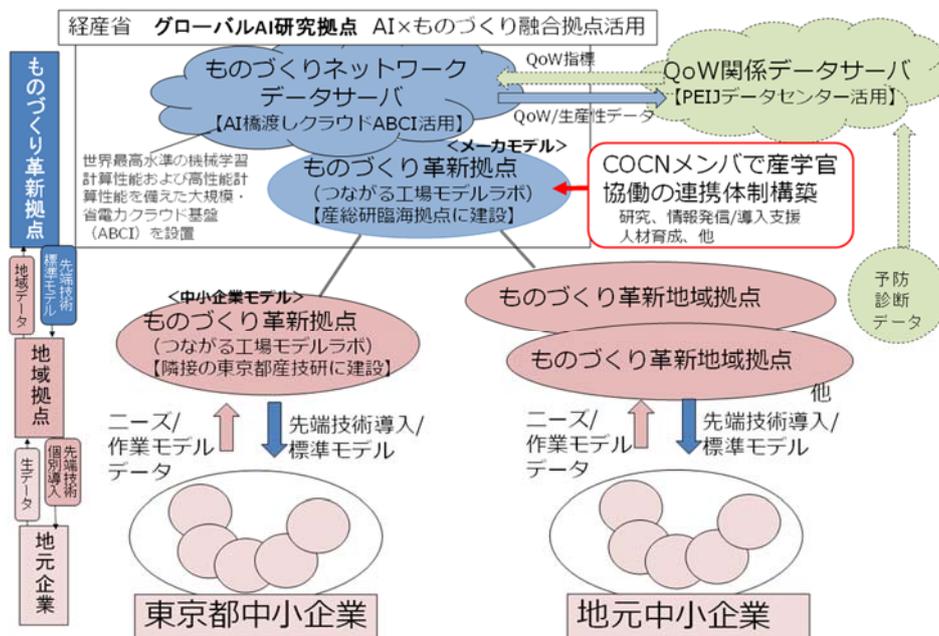


図3.2-1 ものづくり革新拠点構想案

この推進に向け、府省に以下の役割を期待する。

- 1) 経産省 研究開発課、製造局、産総研、NEDO: 公的研究拠点として、「人工知能に関するグローバル研究拠点」等を活用した技術開発支援、地域との連携、実証環境構築支援
- 2) 経産省中小企業庁、内閣府ひと・まち・しごと創生: モデル地域拠点の立ち上げ、地域中小企業の参画、モデル企業の活動支援、
- 3) 文科省高等教育局: 大学・高等専門学校施策と連携した次世代生産技術人材育成支援

提言2: 各人の労働能力を引出すマルチタレントマネジメントシステム基盤開発とデータ整備により、QoW(Quality of Working)を活用した多様な人材活用のしくみ構築

産学で医学、心理学、工学の学際体制を構築し、各人の能力を引出し、労働生産性を高めるマルチタレントマネジメントシステムのモデルを構築する。各人の状態を健康状態を含む労働能力と、働きやすさ・働きがいの状態で示すQoWをマネジメント指標とし、有効な計測法を研究開発する。健康状態を示すフレイル(要介護状態前の虚弱状態)に関わる調査では、日本薬理評価機構など、医学データを取り扱える非営利の研究拠点と、上記コンソーシアムとが連携して基礎データ整備を推進する。モデル企業での展開を重ね、労働生産性との相関について追跡調査した結果を反映し、より有効なマルチタレントマネジメントシステムに成長させる。

<社会実装に向けた具体的施策と狙い>

上記共同研究体制や提言1で設立するコンソーシアムが連携して以下を推進する。

- ・潜在労働力を含めた労働能力の実態や地域特性を調査し、上記モデル企業での労働参加のしやすさ、高齢熟練者の活用モデルを検証し、戦力化への取組み事例を作る。人材不足による機会損失を抑制するとともに、社会保障費削減、個人消費力向上をめざす。
- ・QoWを活用したマルチタレントマネジメントシステムを新たな事業ソリューションとして展開する。認定事業他関連事業の創出にも繋げる。

この推進のため、府省・団体に以下を期待する。

- 1) 文科省 科学技術・学術政策研究所には共同研究への参画、JSTには基礎研究支援
- 2) 日本薬理評価機構(PEIJ)にはフレイル関連データ整備や労働生産性との相関追跡調査
- 3) 経済産業省 研究開発課、製造局、中小企業庁、産総研、NEDOには「人工知能に関するグローバル研究拠点」等を活用した技術開発支援や、地域との連携、実証環境構築支援

4. 期待効果

日本のものづくりの競争力強化とそれを支える人材確保対策は、産業競争力強化による効果とともに、超高齢社会における日本の社会課題についても効果が期待できる。

4.1 「人」が主役となる新たなものづくりの社会実装による期待効果

- (1) **中小企業の労働生産性向上への期待**
モデル企業を中心として、製造業の中小企業の2割以上の企業の労働生産性を平均3割引き上げることで、付加価値総額約2.7兆円(※)の改善が期待できる。
※45兆円(製造業付加価値総額の1/2)×0.2×0.3=2.7兆円
- (2) **中小企業のデジタルトリプル生産システム投資の拡大への期待**
拡大した付加価値総額の内、10%である、約0.27兆円の投資拡大が期待できる
- (3) **適切な機械・ITサポートシステムにより進まなかった技能伝承加速への期待**
指導者不足により進まなかった技能伝承が、各人の能力に応じて熟練技術の再現を支援する直感的な教示により、能力開発が加速することが期待できる。また、モニタリング技術の拡

充により、熟練技術の見える化対策が進むことも期待でき、技術融合などのイノベーションの期待ができる。

(4) グローバル市場獲得、付加価値拡大への期待

現地の人材に合わせたサポートの実現により、歩留まり向上など生産効率の改善や現地の特徴ある技能が活かされることによる地産地消の効果が拡大することが期待できる。そのため、アジアなど人中心の作業領域のものづくりが集約する地域への新たな生産ソリューション事業の競争力強化が期待できる。また、各人の能力に合わせた機械サポート方式によりコモディティ化が抑制され、日本の強い現場力や高度技能の評価が高まり、付加価値拡大が期待できる。

4.2 各人の労働能力を引出すマルチタレントマネジメントシステム社会実装による期待効果

(1) 生産人口拡充による社会保障費削減への期待 (2030年で試算[1.1-2])

前期高齢者(約1400万人)の1割が給与取得者になった場合、平均年金受給額(*1)から年間2.0兆円の年金削減に繋がる見込み。

(*1) 1人あたり年金受給額/年:136.2万円

(厚生労働省公表値の2030年の平均年金受給額は夫婦で20.7~24.7万円/月より試算)

(2) QoW向上による自立した個人消費層(給与収入で消費)増による消費力拡大への期待

給与取得者(自立的消費者)は年金受給者に比べ可処分所得が年間190万円多い。QoW向上により、前期高齢者の1割(140万人)が社会保障に依存しない給与取得者に移行した場合、約2.7兆円の消費力向上に繋がる見込み。さらに、前期高齢者がすべて給与取得者になった場合は自立的消費者の比率が2010年時より高くなり、個人消費母体として豊かになる。

表4-1 消費者構成概算 ()内は前期高齢者

(百万人)	個人消費母体	自立的消費者	社会保障依存者	自立的消費者	自立的消費者率
	総人口 (除く若年者)	生産年齢人口 15~64歳	高齢者人口 65歳以上	高齢者の内給 与で生活	
2010年	111.2	81.7	29.5(15.3)	—	73.5%
2030年	104.5	67.7	36.8(14.0)	—	64.8%
2030年 対策時	104.5	67.7	35.4(12.6) 22.8(0.0)	1.4 14.0	66.1% 78.2%

(3) QoW経営推進による豊かなワークライフと健康寿命延伸及び優秀な人材確保への期待

労働生活を通じて、生きがいと健康を維持できることにより、豊かな超高齢化社会のモデルとして、国民の健康寿命延伸と企業評価向上により優秀な人材が集まることが期待できる。

5. 提言実現に向けた展開

- (1) 産学官が集まって、基盤技術(能力拡張型生産システム QoW 計測他)を研究開発するため、研究ステージに応じて国家プロジェクトへの応募に取り組む(継続的に実施中)。
- (2) 産を中心に、コンソーシアムや地域拠点の運営体制、施策を具体化する(18年度)。
- (3) 実証モデル企業の選定や中小企業が施策参加するための助成制度の活用を検討する(19年度~)。候補は、内閣官房のまち・ひと・しごと創生関連交付金、中小企業各種助成金。
- (4) 技能モデル、人モデル他のデータ整備のしくみ確立と倫理的課題への対策など社会基盤づくりを、産総研等と連携し具体化する(20年度~)。
- (5) 社会実装を支える高度人材育成についての大学・高専との連携を具体化する。具体化において、文科省高等教育局の大学や高等専門学校施策との連携を想定している(22年度~)。

以上

【参考文献】

- [1.1-1] 内閣府国民経済計算 及び 経産省工業統計から作成
- [1.1-2] 総務省 平成 26 年度版情報白書 図表 4-1-2-1 から作成
- [1.1-3] 内閣府 2011 年 世界の潮流 第 1-3-4 図
- [2.1-1] 経済産業省 「Society5.0 の実現に向けた戦略的重要課題について」
<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/yusikisha/20171109/siryoy11.pdf>
- [2.1-2] “Perspective: IoT から IoA へ、人類を拡張するネットワーク”、暦本純一、日経エレクトロニクス、2016-02
- [2.1-3] <https://kotobank.jp/word/悉皆屋> (コトバンク)
- [2.2-1] 内閣府 高齢社会対策の基本的在り方等に関する検討会報告書(平成 29 年 10 月)
http://www8.cao.go.jp/kourei/kihon-kentoukai/h29/pdf/h29_houkoku.pdf
- [2.2-2] “Measuring and Assessing Job Quality: The OECD Job Quality Framework”, Cazes, S., A. Hijzen and A. Saint-Martin (2015)
- [2.2-3] Fabius R, Thayer RD, Konicki DL, et al., The link between workforce health and safety and the health of the bottom line: tracking market performance of companies that nurture a “culture of health”, J Occup Environ Med 55(9):993-1000. 2013
- [2.2-4] 黒田、山本、「企業における従業員のメンタルヘルスの状況と企業業績－企業パネルデータを用いた検証－」、RIETI Discussion Paper Series 14-J-021
- [2.2-5] (株)NTT データ経営研究所、「働き方改革の取り組みと職場へのインパクト」、
<http://www.keieiken.co.jp/aboutus/newsrelease/170808/supplementing01.html>
- [2.2-6] “フレイルに関する日本老年医学会からのステートメント”
http://www.jpn-geriat-soc.or.jp/info/topics/pdf/20140513_01_01.pdf
- [2.2-7] “フレイルの意義” 荒井秀典 日老医誌 2014; 51: 497-501
- [2.2-8] CSHA Clinical Frailty Scale 及び和訳版 <http://www.roken-okayama.com/pdf/jimukyoku/koureisya.2015.2.19.2.pdf>
- [2.2-9] “Gait Speed and Survival in Older Adults”, JAMA, January 5, Vol 305, No. 1 50-58, 2011
- [2.2-10] 首相官邸 人生 100 年時代構想会議 <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/jinsei100nen/index.html>
- [2.2-11] 連合 「働くことを軸とする安心社会」 <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/jinsei100nen/dai1/siryoy5.pdf>
https://www.jtuc-rengo.or.jp/activity/seisaku/jitsugen/data/seisaku_201707.pdf
- [2.2-12] 国際経済労働研究所 「働きがいの総合モデル」、<http://www.iewri.or.jp/cms/archives/2008/10/post-14.html>
- [2.2-13] 厚生労働省 「介護予防のための生活機能評価に関するマニュアル(改訂版)」、
http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1c_0001.pdf
- [2.2-14] 嶋田、「顔映像情報からの人の状態推定に関する研究」、
https://tsukuba.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=39149&item_no=1&page_id=13&block_id=83
- [2.2-15] MIMOSYS 社/日立システムズ社、音声こころ分析サービス <http://www.hitachi-systems.com/sp/mimosys/>
- [2.2-16] 日立ソリューションズ社、組織パフォーマンス診断や組織ストレス予測サービス
<http://www.hitachi-solutions.co.jp/company/press/news/2016/1201.html>
- [補足 2-1] 産業総合研究所、ものづくり支援ツール、<http://www.monozukuri.org/>
- [補足 2-2] 経済産業省 2015 年度版ものづくり白書
- [補足 2-3] METI Journal 経済産業ジャーナル 平成 27 年 4・5 月号
- [補足 2-4] 中村、高野: 高度熟練技能継承製作に関する一考察、社会技術研究論文集、Vol.11, 82-95, April 2014、
http://shakai-gijutsu.org/vol11/11_82.pdf
- [補足 2-5] ものづくりマイスターデータベース、<https://www.monozukuri-meister.javada.or.jp/mm/mm/contents/home/>
- [補足 2-6] Industrial Value Chain Initiative、インダストリアルバリューチェーンイニシアティブ <https://iv-i.org/>

補足1 中小企業調査概要

1. 実施期間と対象地域…各地域からの代表事例として紹介いただいた
 - (1)第1次調査: 2017年 8月:首都圏 関西圏 4件
 - (2)第2次調査: 2017年10～11月:東北地方 4件
2. 対象企業
 - (1)対象業種
 - ①少量・試作型、IT導入に意欲的な製造企業様(数十～300名程度)
 - ②作業IT化ツール提供企業(工具のIT化、計量装置IT化等)
 - ③IoT実践実例を有する企業様(受発注、工程管理、検査履歴等)
 - (2)対象製品
 - ・比較的小型の工業製品(電気電子製品、機械部品加工等)
 - ・チップインダクタ製造・高周波応用機器
 - ・高精度めっき加工
 - ・微細金型(設計・加工・製品製造)
 - (3)対象作業:組立、検査、加工等
4. 調査内容
 - ①現在の生産形態、②現状の自動化・IoTへの取組み・工夫点等
 - ③生産変動への対応策(企業内、企業間)、④地域ネットワークの活用状況
 - ⑤人材確保・人材育成(若手教育、熟練作業継承等)、④QoW、フレイル関係意識等
5. 対象企業一覧

【第1次調査】

- (1-1)都会型: 株式会社由紀精密様(神奈川県茅ヶ崎市)
業種: 精密部品加工(航空宇宙、医療等)
- (1-2)都会型: 株式会社オプト・システム様(京都府京田辺市)
業種: 加工装置・検査装置の開発・製造(光半導体等)
- (1-3)都会型: 京都機械工具株式会社様(京都府久世郡)
業種: 機械工具の開発・製造(ラチェット、レンチ、ソケット、計測具等)
- (1-4)都会型: 株式会社インダ様(滋賀事業所:滋賀県栗東市)
業種: 計量(応用)製品の開発・製造(計量器、選別機、包装機、検査機器等)

【第2次調査】

- (2-1)地方型: 株式会社JKB様(山形工場:山形県寒河江市)
業種: 精密プレス加工(電子機器、医療向け等)
- (2-2)地方型: 光電子株式会社様(本社工場:宮城県大崎市)
業種: チップインダクタ製造、高周波コイル・光電子装置開発
- (2-3)地方型: 東新工業株式会社様(いわき工場:福島県いわき市)
業種: 電子部品用接点(コネクタ等)めっき加工、フープ材部分めっき加工等
- (2-4)地方型: 株式会社IBUKI様(山形県西村山郡)
業種: 射出成型金型の設計・製造(加飾部材等)

補足2 活動概要補足

(1)人の能力の見える化の先行事例

既存の検査として、厚生労働省編一般職業適性検査(GATB)に代表される間接的な適性検査がある(補足表2-1参照)。GATBは多くの職業分野において個人が仕事をする上で必要とされる9種類の能力を16種の下位検査から測定するもので、能力面から個々の職業への適合性を評価するものである。高齢者への適用を考えた場合、加齢による認知生理機能の低下も評価できることが必要である。このような「広く浅く」を目的とした検査は、公的機関が主導して検査法を確立することが望ましいと考えられる。

補足表2-1 GATBで定義される適性能の一例

適性能	内容
G-知的能力	一般的学習能力
V-言語能力	言語の意味およびそれに関連した概念を理解し、それを有効に使いこなす能力。言語相互の関係および文章や句の意味を理解する能力。
N-数理能力	計算を正確に速く行うとともに、応用問題を推理し、解く能力。
Q-書記的知覚	言葉や印刷物、伝票類を正しく知覚する能力。文字や数字を直観的に比較弁別し、違いを見つけ、あるいは校正する能力。文字や数字に限らず、対象を素早く知覚する能力。
S-空間判断力	立体形を理解したり、平面図から立体形を想像したり、考える能力。物体間の位置関係と変化を正しく理解する能力。青写真を讀んだり、幾何学の問題を解いたりする能力。
P-形態知覚	実物あるいは図解されたものを細部まで正しく知覚する能力。図形を見比べて、その形や陰影、線の太さや長さなどの細かい差異を弁別する能力。
K-運動能力	眼と手または指を共応させて、迅速かつ正確に作業を遂行する能力。眼で見ながら、手の迅速な運動を正しくコントロールする能力。
F-指先の器用さ	速く、しかも正確に指を動かし、小さいものを巧みに取り扱う能力。
M-手腕の器用さ	手腕を思うままに巧みに動かす能力。物を取り上げたり、置いたり、持ち替えたり、裏返したりするなどの手腕や手首を巧みに動かす能力。

補足表2-2 適性能と仕事の関係(一例)

仕事	所要適性能基準	内容
A-2 工学、技術 野開発応用の 仕事	G110-N110- S100	専門分野の基礎的研究、実験データ、技術開発などに関する情報を収集、評価し、生産システム、機械工具、素材、製品などの改良、開発、設計、施行等を行う仕事に従事する。
I-2 手工技能の 仕事	S90-P90-F90	一定の技法・手順に従い、手腕・道具を巧みに使用して、素材の加工、製品の製作など誠意密さを要する仕事に従事する。
I-3 切削加工、 造形の仕事	S90-P90-M75	特別の訓練や経験を必要とする高度な技能の手腕作業、機械加工作業に従事する。
I-4 機械操作の 仕事	K75-F75-M75	段取り・操作の簡単な(または他人が段取り・調整を済ませた)機械装置を操作して、素材に切削・研磨・穴あけ・打ち抜き、あるいは接合、変質などの加工をする作業に従事する。
I-5 加工、組立 の仕事	P90-K75-M75	機械、器具、玩具などさまざまな組立部品の本体、または構成部品を、治工具や簡易な機器類を使って、所定の手順で加工、組付け、ねじ止め、溶接、はんだ付け、縫合などをする作業に従事する。
I-10 手腕作業 主体の仕事	P75-M75	作業場内で、高度の技能を要しない比較的定型反復的な手腕作業に従事する。

(2)技能の見える化に関する先行事例

中小企業庁プロジェクト デジタル・マイスタープロジェクト(ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発、2001～2005)や中小企業基盤技術継承支援事業(2006～2008)がある。これらプロジェクトの中では、ものづくり支援ツール[補足2-1]として、加工技術データベース(機械部品製造に主要な15加工法の加工技術情報を集積)や加工テンプレート(作業指示書のデジタル化、技能の指標化による加工のポイントの表現とその活用)が構築された。

(3)人-機械生産システムの先行事例

例えば、三菱電機可児工場では、電磁開閉器の変種変量生産のために、セル生産にロボットを組み合わせた「ロボット組立セル生産システム」を導入。大物部品の供給や段取り変更が必要な部品の供給等を多能工の労働者が担い、智能化ロボットによる高度な生産ラインと協調して作業を行うことにより、従来の全自動無人化ラインと比較して圧倒的な効率性の向上を達成した[補足2-2]。また、島根富士通のノートPC・タブレットの製造工場では、IoT技術を使った「データ連携」と「人と機械の協調生産」により、一台ごとのカスタマイズ製品を年間200万台も生産している[補足2-3]。

(4)IoA (Internet of Ability)

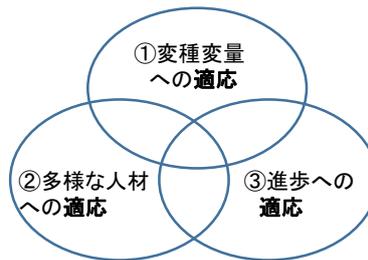
IoAは東京大学の暦本教授が提唱する概念[2.1-1]で、ネットワークを介して人やロボットの能力を活用することで、時間や空間の制約を超えて人やロボットがそれぞれの能力を活用しあえるネットワーク環境のことを指す。機械(ロボット)と人で構成され、人の能力や状況に応じて、人と機械が役割分担する人-機械能力拡張型生産システムを下図に示す。このシステムでは多様な作業者の能力の違いに合わせて必要な能力拡張・支援(作業見守りや指示など)を行うこと(リモートOJT)や、IoAのしくみを活用したテレワークも可能とする。



補足図2-1 ものづくりIoAによる人-機械能力拡張型生産システム

(5) 人-機械能力拡張型生産システムにおける3つの適応能力

人-機械能力拡張型生産システムには、3つの適応能力が期待される。1つ目は「変種変量への適応」である。人主体の生産形態を機軸としつつも、生産品種・数量に合わせて、必要に応じて段階的に生産能力拡張装置を導入し、生産能力を柔軟に拡大・縮小する。ここでいう生産能力拡張装置は、例えば、部品供給／排出、搬送、検査、ワーク保持・姿勢変更、などである。2つ目は「多様な人材への適応」である。人の能力・状況に合わせて、必要な能力拡張を行うことで、これまで不十分であった潜在労働力(例えば高齢者)の活用が可能となる。3つ目は「進歩への適応」である。現場でのスキル習熟、ノウハウ蓄積をIoAの仕組みを介して蓄積・モデル化することで、より生産性・品質の高い生産形態に適応していくことが可能となる。



補足図 2-2 3つの適応能力

(6)熟練技能者の人材育成

大企業でも中小企業でも、熟練技能の伝承は大きな課題である。まず、これまでの取り組み例を3つ挙げる。

一つ目は、「高度熟練技能」の維持・継承のための政策として、97～09年度まで行われた厚労省(当時労働省)の高度熟練技能活用促進事業がある[補足2-4]。意義としては必要とされていたが、熟練技能レベルが客観的に明確に示されないことが、事業の終了した一因ではないかと推測される。ここから逆に、熟練者の持つ熟練技能レベルを客観的に示すことができれば、この様な政策に対するニーズにマッチし、熟練技術の継承のしくみとして機能する可能性が高い。

二つ目は、厚生労働省が主催するものづくりマイスター制度である[補足2-5]。これは、建設業と製造業(112職種)を対象に、優れた技能と経験を持つ「ものづくりマイスター」が、中小企業や教育訓練機関の若年者に対して実技指導を行い、効果的な技能の継承や後継者の育成を行っている。本制度は「人」の認定が中心であり、技能のデジタル化までは踏み込んではいない。

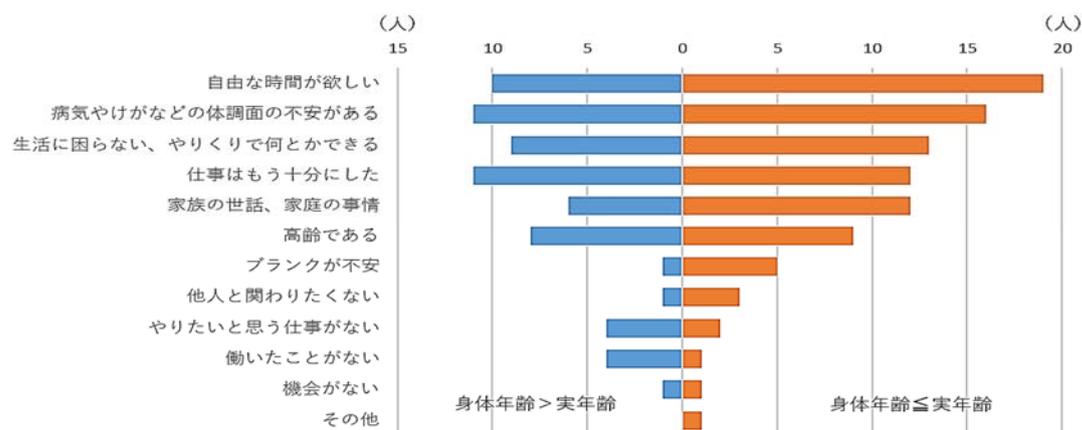
三つめは、熟練技術者の匠の技をデジタル化に取り組むIVI(Industrial Value Chain Initiative、インダストリアルバリューチェーンイニシアティブ、[補足2-6])での例である。製造現場では熟練技能者のみに対応可能な工程がある。また、同じ作業でも作業の熟練度により作業時間に差がでてくる工程がある。匠の技、と言われている領域である。匠の技は、熟練技能者が長年の経験と勘により作業を行うために、熟練技能の伝承を行うことが難しいと言われている。近年のセンサ技術の高度化と低価格化やIT技術の進歩により、熟練技術者の匠の技をデジタル化、見える化して伝承するための取り組みが始まっている。具体的な事例として、IVIでの取り組みを紹介する。IVIは、デジタル化社会に対応した次世代のつながる工場を、企業や業界の枠を超えて実現するための組織であり、現場起点で企業を超えた活動をしている。IVIの活動の中で、「人と設備が共に成長する工場ものづくり改革」(ファシリテーター トヨタ自動車)という取組を行っており、この中で「匠の技術の伝承」を1つのテーマとして活動を行っている。切削工程で高い精度でワークを研削するための加工技術の伝承において、匠の動きと五感を測定・解析してデータ化することで若手が匠技術を早期に身につけられ、早期に匠の技を伝承することができるか、実証実験による検証を進めている。

補足3 健康・活動状況に関する調査

前期高齢者である65歳以上74歳以下の男女(187名)を対象に、「健康・活動状況に関する調査」としてアンケート及び体力測定データの収集と解析データを紹介いただいた。

(1) 労働フレイル(FIW)の予備的検討

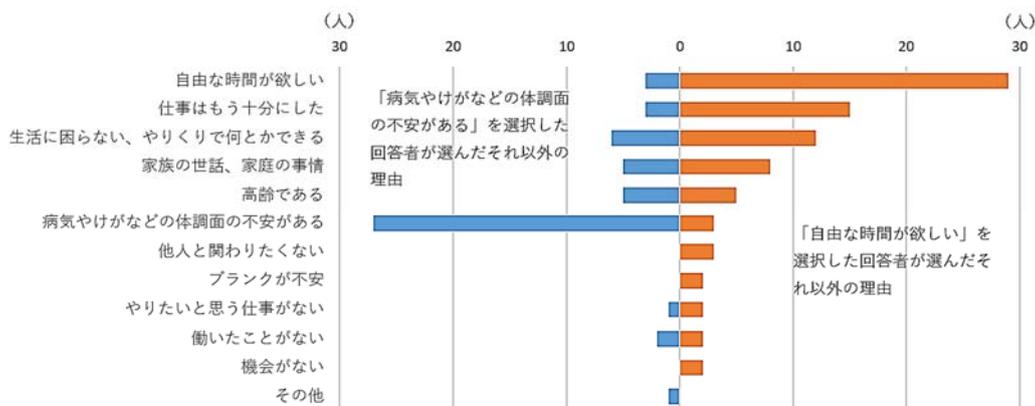
体組成測定により算出される身体年齢と回答者の実年齢の関係について検討したところ、身体年齢が実年齢以下の群と身体年齢が実年齢を上回る群では、仕事をしない理由の分布が異なる傾向にあった(補足図3-1)。このような検討の視点の試みがその他の要素と組み合わせて精査することによって有用な指標となり得るのかどうかを含め、引き続き、健康や活動状況に関するアンケート及び体力測定データの収集と、その解析を進めることにより、FIWの検討を進める。



補足図3-1 前期高齢者(65-74歳)が仕事をしたいと思わない理由①

(2) 潜在労働力の見積

仕事をしたいと思わない理由の上位に挙げられた「自由な時間が欲しい」、「病気やけがなどの体調面の不安がある」について、それぞれの項目を選択した回答者群が他にどのような理由を選択したかを補足図3-2に示す。選択項目の分布より、「自由な時間が欲しい」を選択した回答者群と「病気やけがなどの体調面の不安がある」を選択した回答者群は、本調査における現時点での結果では、ほぼ重なりのない別の回答者群であることが推測される。「自由な時間が欲しい」を選択した回答者群の回答者が潜在労働力となり得るものか等について、他の項目等を勘案し、引き続き潜在労働力の見積の検討を進める。



補足図3-2 前期高齢者(65-74歳)が仕事をしたいと思わない理由②

一般社団法人 産業競争力懇談会（COCN）

〒100-0011 東京都千代田区内幸町2-2-1

日本プレスセンタービル 4階

Tel : 03-5510-6931 Fax : 03-5510-6932

E-mail : jimukyoku@cocn.jp

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 中塚隆雄