

ものづくり現場の労働力充実化に向けた 作業クラス認定方法の提案

須田聡^Ã 高見愛^Ã 柏木裕恵^Ã 原内聡^Ã

概要: 少子高齢化に伴い労働力人口が減少する日本では、高齢者雇用が年々増加している。高齢者と企業、双方にとって充実した就業機会を実現するために、高齢者の能力を最大限に発揮できる雇用が期待される。そのためには、老化に伴う能力の多様性・不安定性に応じて、職務を適切に割当てることが課題である。本論文では、ものづくり現場を想定し、現場作業に対する人の適性を表現する概念である作業クラスと、その認定方法を提案する。提案方法は、高齢者の身体・心身機能や知識、技能、経験等の能力と作業遂行に必要な能力を共通の評価軸で定量的に比較し、作業クラスを決定する。本方法により、高齢者の作業に対する適性を算出することで、高齢者の能力に適した作業を客観的かつ効率的に決定することが出来る。本論文では、提案方法を仮想的な高齢者とライン作業に適用した結果を示す。

キーワード: 高齢者, 身体, 作業, ものづくり, 作業支援

A Proposal of Work Class Certification Method for Manufacturing

Satoshi Suda^Ã, Ai Takami^Ã, Hiroe Kashiwagi^Ã and Satoshi Harauchi^Ã

Abstract: In Japan, the labor force population declines with the decreases of birthrate and aging, and the number of elder employee increases year by year. In order to realize the employment agreed by both elderly and employer, the elderly would be employed with their maximum abilities. Therefore, it is required to assign the elderly to appropriate works according to the diversity and instability of their aging. In this paper, we propose a concept of work classes which shows suitability of the elderly for each work in manufacturing, and the method of certification for them. In the proposed method, we compare abilities of the elderly, which are physical functions, mental functions, knowledge, skills and experiences, with abilities necessary to perform works. The comparison is accomplished with the evaluation of common axes. We then determine their own work classes. This method enables us to determine works objectively and efficiently according to their abilities by calculating suitability for each work. In this paper, we show the result of applying the method to the elderly and virtual production lines.

Keywords: Elderly people, Physical, Work, Machine, Manufacturing, Task assistance

1. はじめに

近年、少子高齢化に伴い労働力人口が減少している日本では、高齢者雇用が増加している。内閣府の調査 [1]によると、高齢者雇用に積極的な企業の7割が、高齢者を雇用する理由に、高年齢労働者の経験・能力を活用したいから、と回答している。一方、高齢者の就労意欲も高まっている。7割以上の高齢者が、70歳以降まで、または、働けるうちはいつまでも働きたいと考えている。また、仕事を選ぶ際に、経験・能力が活かせることを重視している傾向がある。

しかしながら、高齢者の就労には、健康面での維持・管理や作業遅延による生産性の低下、現場作業においては、安全面における懸念など、老化に伴う身体・心身機能の低下に起因する課題が考えられる。

そこで、低下した身体・心身機能を考慮しつつ、経験・能力を活かせる仕組みを導入することで、高齢者と企業、双方にとって充実した就業機会が期待できる。そういった仕組みの1つに、高齢者の能力に応じて、高齢者に適切な職務と機械などの支援を割当て、働くことが考えられる。

機械とは、過酷な人手作業を代替するFAロボットや身体機能を健常者と同じレベルに向上させる機械を想定している。高齢者の能力や職務遂行に求められる能力を客観的に判断することは、既存の仕組みがなく、難しい課題である。

本論文では、ものづくり現場を想定し、現場作業に対する人の適性を表現する概念である作業クラスと、その認定方法を提案する。提案方法は、高齢者の身体・心身機能や知識、技能、経験などの能力と作業遂行に必要な能力、機械の補助能力の3つを共通の評価軸で定量的に比較し、作業クラスを決定する。本論文ではこのうち、作業に要求される能力と人の能力を共通の評価軸で表現する具体的な方法を検討する。

本方法により、高齢者の作業に対する適性を算出することで、高齢者の能力を最大限発揮できる作業と機械を客観的かつ効率的に割当てることが可能となり、高齢者と企業、双方にとって充実した就業機会が実現可能となる。

本論文では、2章で作業クラス認定方法の概要と要素技術について述べる。3章で具体的事例への適用例を述べ、4章でその評価を行う。

^Ã 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所
Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation.

2. 作業クラスと認定方法

作業クラス認定方法を図 2.1 に示す。図上段に示すように、作業クラスは人と作業と機械から導出する。まず、人と作業と機械から、能力ステータスと要求能力ステータスと機械の補助能力を導出する。能力ステータスとは、人の能力とそのレベルを記述したものであり、要求能力ステータスとは、作業に要求される能力とそのレベルを記述したものである。本論文における能力とは身体・心身機能や知識、技能、経験などを指す。

次に、図 2.1 下段に示すように、能力ステータスと要求能力ステータスの差分を評価する。評価した結果、能力ステータスが要求能力ステータスを上回る場合は、作業クラスを「遂行可能」と認定する。下回る場合は、差分を補完する能力をもつ機械があれば「機械補助により遂行可能」と認定し、なければ「遂行不可能」と認定する。以後、2.1、2.2 節で要求能力ステータスと能力ステータスの導出方法を述べ、2.3 節で作業クラス認定のための両者の比較方法を述べる。

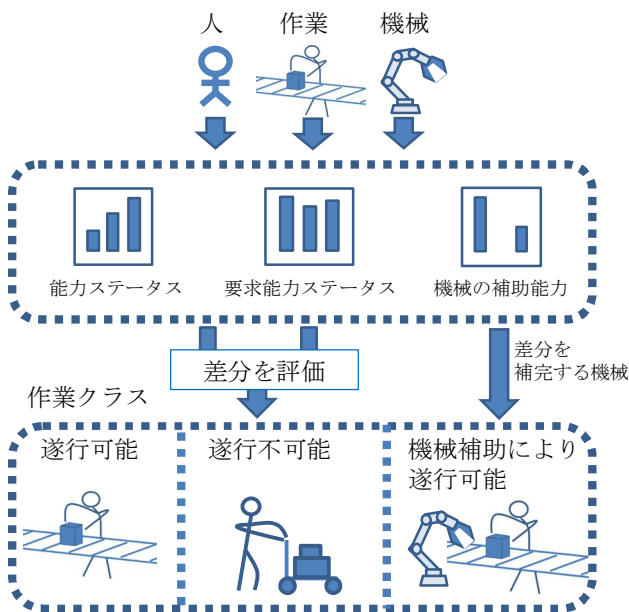


図 2.1 作業クラス認定方法

2.1 要求能力ステータスの導出方法

作業から要求能力ステータスを導出する方法を図 2.2 に示す。上段に示すように、まず、作業を基本動作に分解する。分解には、医療や福祉、介護などで用いられる評価規格を採用する。それは、対象となる作業を客観的に捉えるためである。既存の評価規格には、ICF（国際機能生活分類：International Classification of Functioning, Disability and Health）[2]、ADL（日常生活動作：Activities of Daily living）[3]、QoL（Quality of Life）[4]などがある。評価規格が身体や心身機能に関する項目を有することを前提に、その粒度や項目数、客観性などが重要である。

次に、図 2.2 右上から左下に示すように、分解により抽出した各基本動作を、その実行に要求される能力とレベルで定量的に表現する。便宜上、表現されたものを基本動作ステータスと呼ぶ。

最後に、図 2.2 下段に示すように、導出した能力のレベルの最大値を抽出し、列挙する。

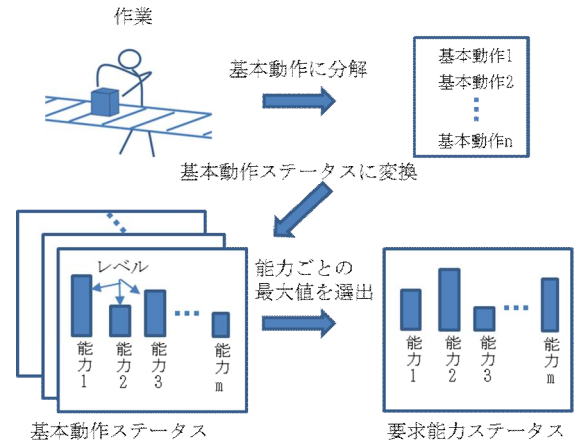


図 2.2 要求能力ステータスの導出方法

次に、評価規格に ICF を用いた要求能力ステータスの導出を述べる。導出の手順は、まず、作業を構成する基本動作を ICF の中から抽出する。次に、抽出した ICF の項目を基本動作ステータスに変換する。最後に、基本動作ステータスの各能力のレベルの最大値を選出する。

作業「箱に部品を装着する」に対する要求能力ステータス導出例を図 2.3 に示す。上段に示すように、本作業を構成する ICF の項目は、「d4154：立位の保持」、「d4300：持ち上げる」、「d4401：握ること」の3つである。

次に、抽出した ICF の項目を基本動作ステータスに変換する。図 2.3 の中段に示すように、本例では、レベルを 0 から 5 の 6 段階とし、順に 0：活動しない、1：ほとんど活動しない、2：少し活動する、3：活動する、4：よく活動する、5：大変よく活動する、とする。また、能力には集中力、器用さ、上肢、下肢、経験を選定する。

最後に、基本動作ステータスに記述された能力ごとに、最大値を抽出し、列挙する。図 2.3 の下段に示すように、集中力の最大値は「d4401：握ること」の 2 であり、下肢の最大値は「d4154：立位の保持」の 4 である。同様に、器用さの最大値は 3、上肢は 5、経験は 1 である。

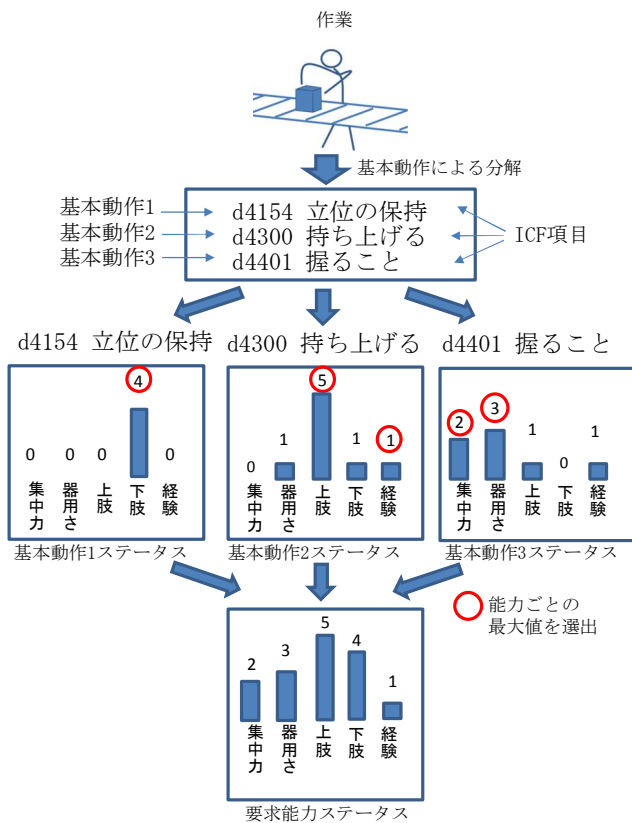


図 2.3 ICF を用いた要求能力ステータス導出例

2.2 能力ステータスの導出方法

図 2.4 に能力ステータスの導出手順を示す。能力ステータスの認定には、具体的な計測機器を用いる、もしくは目視による動作回数の勘定に基づいた計測を行い、その結果から各能力のレベルを算出する。いずれの場合も、計測結果とレベルを対応づける指標が必要となる。本論文では、その指標を評価シートと呼ぶ。

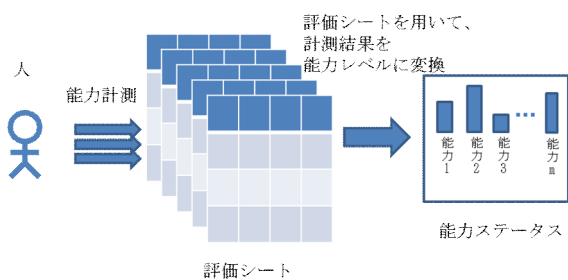


図 2.4 能力ステータス導出方法

計測に求められる要件を述べる。高齢者の身体・心身、認知、感覚などの能力は、不安定であり、日々変化することが考えられる。また、作業に従事する過程で、作業のコツを習得し、機械の補助レベルが下がる可能性もある。このことから、能力ステータス導出のための計測は、特別な知識や技能を必要とせず、計測者にとって容易であり、計測結果が計測者に依存しないことが好ましい。また、高齢

者への負荷が低いことも重要である。これらの条件に合致する既存の計測方法の例に、下肢筋力測定に用いられる 30 秒椅子立ち上りテスト (CS-30) [5]や手指の巧緻性測定に用いられるペグボードテスト[6]など、リハビリや高齢者向けの身体能力評価テストが存在する。図 2.5 に CS-30 テストを実施した場合の下肢の能力ステータスの導出を述べる。能力の選定は 2.1 節と同じく、集中力、器用さ、上肢、下肢、経験を選定する。CS-30 は、30 秒間椅子から立ち上る回数を計測するテストである。

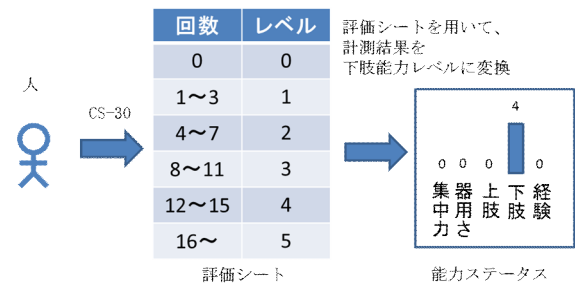


図 2.5 CS-30 を用いた能力ステータス導出例

2.3 作業クラス認定方法

2.1, 2.2 節で述べた要求能力ステータスと能力ステータスから作業クラスを認定する方法を述べる。要求能力ステータスと能力ステータスの各能力のレベルを比較し、以下で決定する。

Step① 全ての能力において、能力ステータスのレベルが要求能力ステータスのレベルと等しいとき、または上回るとき、対象者の作業クラスは「遂行可能」とする。

Step② ある能力において、能力ステータスのレベル p が要求能力ステータスのレベル r を下回るとき、以下で決定する。

- (ア) $p=0$ のとき、対象者の作業クラスは「遂行不可能」とする。
- (イ) $p=1$ かつ $r \geq 3$ のとき、対象者の作業クラスは「遂行不可能」とする。
- (ウ) $p=1$ かつ $r=2$ のとき、対象者の作業クラスは「補助レベル 1 で遂行可能」とする。
- (エ) $p \geq 2$ のとき、対象者の作業クラスは「補助レベル $r-p$ で遂行可能」とする。

次に、作業クラス認定例を述べる。作業は 2.1 節の「箱に部品を装着する」とする。要求能力ステータスを表 2.6 に示す。

作業クラス認定の例を示す。表 2.6 の要求能力ステータスと、表 2.7 に示す 5 名の能力ステータスを比較し、上述の Step①, Step②に基づいて作業クラス認定の例を示す。A は、全ての能力において能力ステータスが要求能力ステータスを上回るため、作業クラスは Step①より「遂行可能」である。B は、上肢のレベルが 0 であり、要求能力ステ

タスの上肢のレベルは5であるため、Step②の(ア)より「遂行不可能」である。Cは、器用さのレベルが1であり、要求能力ステータスの器用さのレベルは3であるため、Step②の(イ)より「遂行不可能」である。Dは、集中力のレベルが1であり、要求能力ステータスの器用さのレベルは2であるため、Step②の(ウ)より「補助レベル1で遂行可能」である。Eは、下肢のレベルが2であり、要求能力ステータスの器用さのレベルは4であるため、Step②の(エ)より「補助レベル2で遂行可能」である。

表 2.6 「箱を部品に装着する」の要求能力ステータス

能力 レベル	集中力	器用さ	上肢	下肢	経験
	2	3	5	4	1

表 2.7 能力ステータス

人	集中力	器用さ	上肢	下肢	経験
A	3	4	5	5	3
B	4	4	0	5	1
C	3	1	5	4	3
D	1	4	5	4	2
E	1	4	5	2	4

3. 作業クラス認定方法の適用例

本章では、人と作業の具体的事例から作業クラス認定例を説明する。ただし、認定基準となる能力は身体機能に制限し、上肢・下肢、手指の巧緻性とする。作業の具体的事例として、簡易な箱を作成する工程を想定した。この箱作成工程は筆者の室外機生産ライン作業の経験を基に作成したものである。人の具体的事例として、身体制約をもつ高

齢者3名を想定した。

3.1 箱組立事例と要求能力ステータス

箱作成工程を構成する作業の要求能力ステータスを、2.1.1項の手順に基づき、ICFを用いて導出する。箱は2段カラーボックスを想定する。箱作成工程は以下の作業で構成される。

- 「板を手にする」
- 「板をねじ穴にあてがう」
- 「ドライバでねじをうつ」
- 「板をさし込む」
- 「板を箱にのせる」
- 「ねじキャップを装着する」
- 「板にステッカーを貼る」

各作業をICFの項目に分解した結果を表3.1に示す。例えば、「板を手にする」は、「d4106:体の重心を変えること」、「d4154:立位の保持」、「d4300:持ち上げる」、「d4301:手に持って運ぶ」、「d4401:握ること」、「d4403:放すこと」、「d4450:短距離歩行」に分解できる。

次に、表3.1で抽出した各ICF項目をステータスで表現した結果を表3.2に示す。「d4106:体の重心を変えること」のステータスは、上肢が0、下肢が2、手指の巧緻性が0である。

最後に、表3.2を用いて、箱作成工程の各作業の要求能力ステータスを導出する。結果を表3.3に示す。例えば、「板を手にする」は、上肢が「d4300:持ち上げる」の5、下肢が「d4301:手に持って運ぶ」の4、手指の巧緻性が「d4401:握ること」の2である。

表 3.1 各作業を構成するICF項目

索引	板を手にする	索引	ドライバでねじをうつ	索引	板を箱にのせる	索引	ねじキャップを装着する
d4106	体の重心を変えること	d4154	立位の保持	d4154	立位の保持	d4154	立位の保持
d4154	立位の保持	d4401	握ること	d4300	持ち上げる	d4400	つまみあげること
d4300	持ち上げる	d4400	つまみあげること	d4305	物を置く	d4401	握ること
d4301	手に持って運ぶ	d4402	操作すること	d4403	放すこと	d4452	手を伸ばすこと
d4401	握ること	d4450	引くこと	d4452	手を伸ばすこと	d4451	押すこと
d4403	放すこと	d4451	押すこと				
d4450	引くこと	d4452	手を伸ばすこと	索引	板にステッカーを貼る	索引	板をさし込む
d4452	手を伸ばすこと			d110	注意して視ること	d4106	体の重心を変えること
d4500	短距離歩行	索引	板をねじ穴にあてがう	d4154	立位の保持	d4154	立位の保持
		d4154	立位の保持	d4400	つまみあげること	d4300	持ち上げる
		d4300	持ち上げる	d4402	操作すること	d4301	手に持って運ぶ
		d4403	放すこと	d4452	手を伸ばすこと	d4403	放すこと
		d4451	押すこと			d4450	引くこと
		d4452	手を伸ばすこと			d4451	押すこと
						d4452	手を伸ばすこと

表 3.2 ICF 項目のステータス

索引	ICF 項目	上肢	下肢	手指の巧緻性
d4106	体の重心を 変えること	0	2	0
d4154	立位の保持	0	3	0
d4300	持ち上げる	5	1	1
d4301	手に持って運ぶ	4	4	1
d4305	物を置く	3	0	1
d4400	つまみあげること	2	0	4
d4401	握ること	2	0	2
d4402	操作すること	2	0	5
d4403	放すこと	1	0	1
d4450	引くこと	4	0	1
d4451	押すこと	4	0	1
d4452	手を伸ばすこと	1	0	0
d4500	短距離歩行	0	4	0

表 3.3 作業の要求能力ステータス

作業	上肢	下肢	手指の巧緻性
板を手に取る	5	4	2
板をねじ穴にあてがう	5	3	1
ドライバでねじをうつ	4	3	5
板をさし込む	5	4	1
板を箱にのせる	5	3	1
ねじキャップを装着する	4	3	4
板にステッカーを貼る	2	3	5

3.2 高齢者事例と能力ステータス

身体に制約をもつ3名の高齢者を仮想し、それぞれの能力ステータスを導出する。3名の高齢者は以下のとおりである。

- 高齢者 A (65 歳男性)
健康志向が強く、日ごろから積極的に運動をしている。一方、指先の繊細な動作は苦手としている。
- 高齢者 B (70 歳男性)
10 年前までものづくりの現場で働いていた。退職後、運動機会は減少し、外出時は杖を使用している。
- 高齢者 C (68 歳女性)
散歩を日課としている。また、小物づくりを趣味としている。

3 名に身体計測を実施し、能力ステータスを表 3.4 に示す。例えば、A の能力ステータスは上肢が 5、下肢が 5、手指の巧緻性が 1 である。

表 3.4 高齢者の能力ステータス

高齢者	上肢	下肢	手指の巧緻性
A	5	5	1
B	4	2	4
C	2	4	5

3.3 作業クラス認定

表 3.3、表 3.4 から高齢者 3 名の作業クラスを認定する。表 3.4 より、A さんの身体能力ステータスは上肢が 5、下肢が 5、手指の巧緻性が 1 である。作業「ドライバでねじをうつ」の作業クラスは 2.3 節②の(イ)より「遂行不可能」である。また作業「板を手に取る」は②の(ウ)より「手指補助レベル 1 遂行可能」であり、作業「板をねじ穴にあてがう」は①より「遂行可能」である。同様に、各作業に対する 3 名の作業クラス認定結果を表 3.5 に示す。

表 3.5 3 名の作業クラス認定結果

作業	Aさん	Bさん	Cさん
板を手に取る	手指補強レベル1で遂行可能	上肢補強レベル1と 下肢補強レベル2で遂行可能	上肢補強レベル3で遂行可能
板をねじ穴にあてがう	遂行可能	上肢補強レベル1と 下肢補強レベル1で遂行可能	上肢補強レベル3で遂行可能
ドライバでねじをうつ	遂行不可能	下肢補強レベル1と 手指補強レベル1で遂行可能	上肢補強レベル2で遂行可能
板をさし込む	遂行可能	上肢補強レベル1と 下肢補強レベル2で遂行可能	上肢補強レベル3で遂行可能
板を箱にのせる	遂行可能	上肢補強レベル1と 下肢補強レベル1で遂行可能	上肢補強レベル3で遂行可能
ねじキャップを装着する	遂行不可能	下肢補強レベル1で遂行可能	上肢補強レベル2で遂行可能
板にステッカーを貼る	遂行不可能	下肢補強レベル1と 手指補強レベル1で遂行可能	遂行可能

4. 評価

本章では2, 3章の結果から, 作業クラス認定方法を評価する. 2.3節の作業クラス認定例, および3章の結果から, 要求能力ステータスと能力ステータスを比較し, 客観的に高齢者を作業クラスに分類できることを示した.

しかしながら, 要求能力ステータスと能力ステータスの導出においては, 客観性や作業クラス認定精度向上のための課題がある.

4.1 要求能力ステータス導出における課題

● 評価規格を用いた作業の分解

2.1節では, 作業を客観的に捉えるため, 医療や福祉, 介護分野で用いられる評価規格を用いた. 要求能力ステータスの導出例に ICF を適用したが, 抽出した項目から作業を復元出来るほど, 忠実に分解出来ず, その点において ICF では不十分であると考え. 解決案の1つに, ICF の拡張があると考え. すなわち, ICF に準拠し, 新項目を追加することである. それには, 既存の ICF 項目を新項目で細分化し粒度を上げること, 更に, 「(ねじのような) 細かいものをつまむ」といった現場作業を想定した基本動作を追加することが考えられる.

作業から ICF 項目を抽出する工程は筆者が実施したが, 本来, 客観的方法を用いて実施者に依存しない仕組みが必要である. これに関して, 具体案はなく, 更なる検討が必要である.

● 基本動作ステータスの能力の選出とレベルの決定

2.1節では基本動作を, その実行に要求される能力とレベルに分けて記述した. 能力の選出とレベルの決定方法は未検討である. 能力の選出には, 上肢や下肢, 集中力といった項目にするのか, 粒度を上げて, 筋肉や関節, 脳波といった項目にするのか, 検討の余地がある. 例えば, 作業時における作業者の身体・精神負荷を計測して, 要求される能力のレベルを決定することが考えられる.

4.2 能力ステータス導出における課題

● 身体計測の対象部位の選定

2.2節では, 人の身体計測の方法について述べた. 高齢者の負担を考えると, 計測部位は少ないほうが好ましい. また, 計測が高齢者に与える身体的, 心理的負担を把握する必要があり, 医学や心理学などの知見を利用する必要があると考える. 一方, 作業クラス認定の精度向上には, 厳密な能力レベルの抽出が必要であり, そのためには, 計測部位は多いほうが好ましい. 以上から, 効率的に多くの身体部位を計測できる計測方法や計測機器を検討する必要がある.

● 評価指標の基準値の決定

能力ステータス導出では, 評価シートを用いて身体計測結果を各能力のレベルに変換する仕組みとしたため, 各計測に, 評価シートを確立する必要がある.

5. おわりに

作業クラス認定方法の提案に当たり, ものづくりの現場作業に要求される能力, 人の能力, 人を補助する機械の補助能力の3つを共通の評価軸で定量的に表現する仕組みを考案した. この仕組みを利用することで, 人に適切な作業と補助機械の割当が可能となる.

また, 提案方法を具体的な作業と仮想的な高齢者を適用することでシステム実現に向けた課題を抽出した. その結果, 医学や心理学などの知見が必要であることが判明した.

今後は作業クラス認定方法の実現に向け, 共同研究や高齢者を対象とした実証実験等を行い, 課題の解決及び検討を行う. また, 高齢者の体調が毎日変化する場合や, 機械との協調によって作業の要領を習得し, 作業クラスが変更する場合などを想定し, 作業クラスを認定した後も, 継続して計測を行う仕組みも検討する.

参考文献

- [1] 内閣府. 高齢者の意識と就業. 国民生活白書, 2006, p.117-146.
- [2] 厚生労働省. δ国際生活機能分類 δ国際障害分類改訂版-δ. <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/08/h0805-1.html>, (参照 2017-07-27).
- [3] δ介護応援ネット ADL と IADLδ. http://kaigoouen.net/knowledge/care/care_1.html, (参照 2017-07-27).
- [4] δ健康関連 QOL SF-36, iHope QOLδ. https://www.sf-36.jp/qol/qol_top.html, (参照 2017-07-27).
- [5] 中谷敏昭. 日本人高齢者の下肢筋力を簡便に評価する30秒椅子立ち上りテストの妥当性. 体育学研究 47(5), 451-461, 2002-09-10.
- [6] C. Therapeutics. δPurdue Pegboard Testδ. <http://e-current.com/purdue-peg-board-test.aspx>, (参照 2017-07-27).