

技能五輪選手における認知負荷と認知方略の使用に関する検討 -コンダクト・スキル訓練の提案-

Cognitive Load and Cognitive Strategies Use on Competitors in World Skills Japan -A Proposal of Conducting Skills Training-

羽田野 健, 菊池 拓男

Takeshi Hadano and Takuo Kikuchi

Competitors of world skills Japan operate tasks under the high psychosocial pressure. In this study, we explored the relationship between cognitive load appraisal, use of cognitive strategies, and difference of the training length, to find the factors that restrict competitor's performance in the competition. Questionnaire survey was conducted to competitors who belonged to informational field, and participated in 54th world skills Japan. Statistical analysis shows that high appraisal of cognitive load promotes use of cognitive strategies. It also reveals that more expertise competitor appraise intrinsic cognitive load as high, and tend to use more meta-cognitive strategies than less expertise one. We suggest the conducting skills training for optimize cognitive load during the task operation.

Keyword: Cognitive Load, Cognitive Strategies, Expertise Reversal, Skill competition, and conducting skills

1. はじめに

技能五輪全国大会（以下、技能五輪）は、厚生労働省が主催する青年技能者の技能レベル日本一を競う技能競技の場であり、参加する選手は高い水準の技能を訓練で習得しなければならない。同時に、各都道府県代表、各所属企業や学校等の代表として、周囲の高い期待を受けながらその訓練の成果を発揮することが求められる。言うなれば、選手は心理社会的圧力の高い状況（High-pressure situation: ハイプレッシャー状況、以下 HP 状況）^[1]下で、技能五輪に臨むことになる。そのため、技能訓練を十分に行い、訓練段階では最高のパフォーマンスを発揮できる選手でも、技能五輪本番では必ずしもそうでない場合もあり、指導者にとって訓練上の大きな問題となっている。しかし、この問題は各訓練現場において暗中模索の手探りで検討されているのが現状であり、体系的かつ客観的な理論の構築が喫緊の課題である。

パフォーマンスを発揮できない要因としては、いくつかのことが想定される。例えば、HP 状況下でストレス反応が高まり極度の緊張状態になると、認知的な視野が狭くなったり、認知処理に対する負荷が過剰となったりして、簡略化した方法を取りやすくなる^[1]。このうち、我々は認知処理に対する負荷（以下、認知負荷）の影響に注目している。認知処理とは、情報を入力し、判断や推論、モニタリングなどを行う過程であり、ワーキングメモリ（Working Memory：以下 WM）を介して行われる^[2]。

WM とは、「さまざまな課題の遂行中に一時的に必要となる記憶、特に、そうした記憶の働きや仕組み、そしてそれを支えている構造」である^[3]。WM は、記憶領域と実行領域で構成される。認知処理は、記憶領域で処理するタスクの情報を保持しつつ、実行領域でその処理に注意（Attention）を集中する、すなわち注意資源を配分して、行われる。このようにして WM で処理できる容量（Working Memory Capacity：以下 WMC）には限界があるとされるため、タスクの保持や処理に使用可能な WMC（ここでは、Available Working Memory Capacity：AWMC とする）がどの程度あるかは、処理速度や精度に影響する。例えば、あるタスクを処理する際の認知負荷が高いと、情報の保持や処理に WMC を多く使用するため、AWMC が減少し、その他の認知処理の速度や精度の低下、つまり機能低下が生じる^[4]。また、HP 状況下でも、AWMC は減少するとされる^[5]。こうした条件を踏まえると、技能五輪では、選手が「高い認知負荷だ」と認識する競技課題に、HP 状況下で取り組む場合、認知処理が機能低下し、作業成績が低下する可能性がある。こうした条件で認知処理が機能するには、作業の実践に関する知識、すなわち領域固有知識の発達に伴う認知負荷の軽減や^[6]、効率的な認知処理の方法である認知方略の使用^[2]が必要である。従って、領域固有知識が発達し、認知方略のレパートリーが豊富な熟達選手ほど^[2]、認知負荷を低く認識し、認知方略を使用でき、認知処理が機能すると推察される。技能五輪において、こうした認知

面を考慮する重要性は指摘されているが^[7], 認知処理に対する認知負荷の影響や認知方略の使用については, 具体的に検討されていない. これらを検討することは, 技能五輪において選手がパフォーマンスを発揮するために, どのような訓練法が有効であるかという訓練上の重要な課題を解決する一助と成り得る.

そこで本研究では, 認知負荷と認知方略の使用の関連性及び熟達度による両者の差異について考察し, 選手が HP 状況下でもパフォーマンスを発揮するための訓練法を検討する. はじめに, 技能五輪において HP 状況下の選手が認知処理を行う際, それを阻害する認知負荷要因として, 「競技課題 (図面)」、「機材」、「作業」の3つを想定しある職種の出場選手を対象にアンケート調査を行う. 次に, その結果を基に, いくつかの手法で統計的に分析する. まず, 認知負荷の認識が認知方略の使用に影響するかを検討する目的で, 重回帰分析を行う. そして, 熟達度で認知負荷の認識が異なるかを検討する目的で, 2群差の検定を行う. 最後に, 熟達度で認知方略の使用に差があるかを検討する目的で, 認知方略をクラスタ分析し, 2群差の検定を行う. 認知方略はその暗黙的な性質などから, 明示的に指導されにくいという問題が指摘されているため^[8], 選手の熟達度と認知負荷の認識, 認知方略の使用がどのように関連するかを明らかにする. そのうえで, 選手が HP 状況下で実力を発揮するための効果的な訓練方法として, AWMC を確保し認知処理を機能させるための認知方略を指導する訓練, すなわち, コンダクト・スキル訓練を提案する. 本研究で認知負荷と認知方略の関連性や, 選手の熟達度によるそれらの差について知見を得られれば, 選手の実力発揮に繋がる認知処理の訓練方法, 避けるべき訓練方法の設計などに寄与し, 認知方略が明示的に指導されにくい問題の解決にも貢献すると考えられる.

2. 技能五輪における認知処理

本章では, 認知処理と認知負荷, 及び HP 状況について概観し, 認知方略の使用を促進する要因として領域固有知識の熟達化に触れた後, 技能五輪における選手の認知負荷と認知方略について述べる.

2.1. 認知処理と認知負荷

1章で述べた通り, 認知処理は一般的に, 情報を入力し加工する過程であり, 学習や問題解決においては, タスク (課題) から得た情報を元に, 目標や計画, 解決方法の判断, その遂行, 評価などを行う^[2], その処理は WM

で行われる.

認知負荷とは, WM で認知処理する際に生じる負担のことである. その負担には, 時間に由来するものなど様々なものがあるが^[9], 本研究では, タスク自体が持つ負担に注目する. つまり, 問題解決などの際に, 問題そのものが負担となる場合である.

認知負荷理論によれば^{[4][10]}, 認知負荷は, 外在負荷, 内在負荷, 課題関連負荷の3つで構成される (図1). 外在負荷 (Extraneous load : 以下 EL) とは, タスクの構造やデザインといった外見的特徴に関する負荷である. 内在負荷 (Intrinsic load : 以下 IL) とは, タスクの情報量やその複雑さに関連する負荷である. 課題関連負荷 (Germane load : 以下 GL) とは, タスクを認知処理すること自体の負荷である. タスクの認知処理は, WMC の制約を受ける. 認知負荷が処理可能な量の場合は問題ないが, WMC に対して高過ぎる場合, 過剰負荷となり, AWMC が減少するため認知処理が十分に行えず, 作業遂行の成績が低下することが指摘されている^[4].

2.2. HP 状況

HP 状況とは, タスクに取り組む者が周囲から高い成果を期待され, 失敗が自己評価低下や周囲の損失に繋がるような, 心理社会的圧力の高い状況である. HP 状況下では, 不安などのネガティブ感情が生起し^[5], AWMC が減少するとされ, モニタリングなどの認知処理が十分に行えないことが指摘されている^[11].

2.3. 熟達化に伴う認知負荷と認知方略の変化

熟達化とは, 領域固有知識を豊富に持ち, 高い水準のパフォーマンスを, 迅速かつ正確に実行できるようになることであり, 熟達化した者を熟達者と呼ぶ^[12].

本項では, 認知方略を促進する要因として領域固有知識に注目し, その熟達化に伴う認知負荷と認知方略の変化について述べる.

2.3.1. 領域固有知識と認知負荷

領域固有知識が発達すると, 認知負荷の主観的な認識を軽減する効果を持つことが知られている^[5]. その理由として, その領域に固有な制約条件や, 制御可能な要素に関する情報が精緻化され^[2], 情報の解釈や予測を容易にする認知スキーマが形成されるため, 情報の処理が効率化することなどがあげられる^[13]. 認知スキーマは認知負荷を軽減するため, AWMC の確保につながり, それらを認知方略の使用に配分しやすくなるとされる. 一方で, 領域固有知識が増加すると認知負荷が高くなるという報告もあり^[14], 問題解決的な課題においては, 認知負荷が高い方が優れた方法を使用するという報告もある^[15]. つまり, 領域固有知識の発達によって, 認知負荷の WM に対する影響は軽減するとされるが, 見解は一致しておらず, 認知負荷の高さがむしろ適応促進的な役割を持つ可能性もあると言える.



図1 認知負荷, 認知処理及び WM 容量との関係

2.3.2. 領域固有知識と認知方略

熟達化に伴う領域固有知識の発達には、認知方略の構築を促すことが知られている^[2]。例えば、参考文献 [9] では、技能五輪選手が認知負荷に関する領域固有知識を獲得することで、対処すべき認知負荷が明らかとなり、状況判断の効率化といった認知方略の構築に繋がる可能性を示している。また、熟達化により認知方略のレパートリーが増え、多様な認知方略を使用することが明らかにされている^[16]。例えば、知識を学習する場面での目標設定において、初心者は単層的な目標を設定するが、熟達者は多層的な目標を設定する^[17]。つまり、認知方略の構築には領域固有知識が必要とされ、熟達化に伴ってそれらは多様化し、効率的な認知処理に繋がるといえる。

認知方略は、使用する者の熟達度に応じて適性が異なるとされる。この現象は、熟達化交互作用 (Expertise Reversal) と呼ばれる^[18]。例えば、文章読解で初心者が熟達者と同じ読解方略を使用すると読解の成績が下ることや^[19]、知識が不足している段階で自分の認知処理をモニタリングし制御するメタ認知方略を用いるとタスク処理の正確性が低下すること^[20]などが知られている。こうした認知方略の特徴、すなわち熟達化に伴う多様化や適性の変化の背景として、学習に伴う AWMC の確保があげられる。すなわち、学習を重ねると、技能行使や基本的な認知処理が自動化し^[21]、認知負荷が低下するため、WMC を、他の様々な認知方略に使用できるようになる。実際に、参考文献 [22] では速さと正確さの点から技能の熟達化を検討し、熟達度が低い段階では速さか正確さの一方しか制御できないが、熟達すると両者を統合的に制御できることを示している。こうした知見を踏まえ、菊池は施工技能評価において熟達度の影響を考慮する必要性を指摘している^[23]。

2.4. 技能五輪における選手の認知負荷と認知方略

認知負荷と HP 状況は、AWMC 減少に繋がるため認知処理の阻害要因と成り得る。技能五輪において、選手は、このような条件の中で好成績を目指すために、認知処理を効率的かつ効果的に行う方法、すなわち、認知方略を適切に使用することが重要となる。

本研究で対象とした職種 (以下、対象職種) の競技課題は、大会前に公表される公開課題、大会当日に公表される非公開課題がある。加えて、公開課題は大会当日に 30% 程度変更される^[24]。競技課題には、主に次の 3 つ要因に認知負荷が存在すると考えられる。すなわち、「図面」、「機材」、「作業」である。これらの要因に、構造やデザインなどに関連した EL や、要素の量やその複雑さなどに関連した IL が存在する。選手は、競技時間内で、変更点などを含めた競技課題の情報分析や、作業計画の立案、適切な作業方法の選択といった認知処理を行わなければならない。また、好成績を得るために作業の完成度を高めるには追加作業を強いられ、より多くの認知処理が求められるため、好成績を目指すといった目標自体も、認知負荷を高める要因となり得る。同時に、技能五輪に出

場する選手は所属先の代表として、周囲の高い期待を受け、見学者に囲まれ作業する。これは、心理社会的な圧力の高い中での作業、つまり HP 状況と考えられる。HP 状況では心理社会的要因などの処理にも WM を使用するため、AWMC が減少するとされ、「技能五輪では 80% の力で勝てるようにしなければならない」^[23]とされている。従って、選手は認知方略を使用し、認知処理を効率化することが求められる。

対象職種では、訓練期間が 1 年～5 年と異なる選手が、同一課題を行う。認知方略については、前述したように、熟達選手ほど認知負荷の認識が低くなり、AWMC が増加するため、認知方略をより多く使用し、効率的に認知処理を行うと推察される。一方で、熟達選手と同じ認知方略を非熟達選手が使用すると、過剰負荷となり、認知処理が阻害される可能性が指摘されている^[18]。従って、熟達度と認知方略の関係も重要である。

2.5. 検証する仮説

本研究では、HP 状況下の選手が認知処理を行う際、それを阻害する要因、つまり認知負荷を競技課題とし、促進する要因として認知方略を想定し、認知負荷の認識と認知方略の使用の関連性、及び熟達度による両者の差異について考察することを目的とする。

仮説 1: 熟達度が高く、課題の認知負荷を低いと認識するほど、認知方略の使用が増加する。

仮説 2: 熟達度の高い選手は、低い選手と比べて、課題の認知負荷を低いと認識する。

仮説 3: 認知方略の使用は熟達度によって異なる。

3. 調査の対象者と方法

3.1. 調査対象者

第 54 回技能五輪 (2016 年 10 月開催) の情報系職種に出場した全選手 24 名 (男性, 平均年齢 20.04) であった。

3.2. 調査項目の作成

競技課題の認知負荷、及び認知方略を測定する項目を、先行研究を参考に作成した。

3.2.1. 競技課題の認知負荷に関する項目作成

課題の IL、および EL を測定する項目を Paas らの認知負荷に関する定義を参考に作成した^{[4][10]}。Paas らによれば、IL は情報量やその複雑さ、難易度に関する負荷とされる。また EL は、教材の構造やデザインの不備で生じる負荷であり、注意遮断効果を生じるものである^[10]。認知負荷を測定する項目として、例えば Leppink らが作成したものが^[6]、「複雑さ」が EL 測定項目として使

表 1 認知負荷測定項目

項目名	低い～高い	少ない～多い	低い～高い	低い～高い
図面	1.複雑さ	2.情報の量	3.見やすさ	4.難易度
機材	5.複雑さ	6.情報の量	7.見やすさ	8.難易度
作業	9.複雑さ	10.情報の量	11.工程の長さ	12.難易度

われるなど、認知負荷に関する定義を考慮した場合、質問内容に適さない点が見受けられる。そこで、Paasらの定義を参考に、ILの測定項目として「複雑さ」「情報の多さ」「難易度」を選定した。同じくELの測定項目として、「見やすさ」を選定した。

作業のELについては、「見やすさ」が具体的に何の見やすさを指すのか回答者が想像しにくいと考えられることや、作業工程の長さも注意遮断効果に影響すること^[10]を考慮し、「作業工程の長さ」とした。以上の過程を経て、表1に示す課題の認知負荷測定項目（IL 9項目、EL3項目の合計12項目）を作成した。

3.2.2. 作業中に使用する認知方略に関する項目作成

作業中の認知方略を測定する項目を、先行研究を参考に作成した。具体的には、羽田野らのモデルに含まれる判断方略^[9]、及びZimmermanの学習方略尺度^[25] ^[26]を参考として項目を作成し、筆頭著者と職種エキスパートである共著者が、技能の遂行過程で必要と思われる項目を判断した。その結果、認知方略の測定項目として、20項目を選定した。

3.3. 調査手続き

第54回技能五輪の開会式当日に調査を実施した。回答にあたって、研究目的のデータ収集であること、回答内容によって個人が特定されないことを明示した。調査票は、オンラインのアンケート作成ツールであるSurvey Monkey (Survey Monkey Inc.)で作成し、会場に設置したパソコン上で回答する形式とした。データ収集のフローを図2に示す。アンケートで四角1~4の内容を問い、四角5は後日、それぞれデータを収集した。四角4及び5は、熟達度の指標であるが、四角4は回答者を特定しな

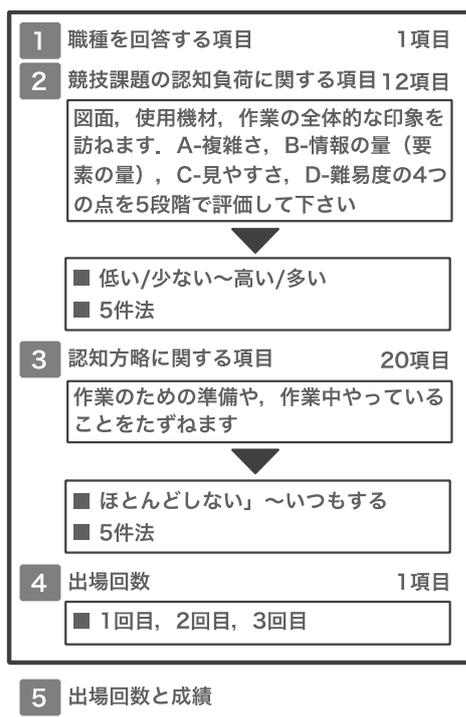


図2 データ収集のフロー

いデータのため、出場回数と成績の関係を検討できない。それゆえ、両者の関係を検討する目的で、四角5にて順位のデータを収集した。

4. 分析結果

分析は、次のフローで行った。まず、項目分析し、調査項目とデータを分析に適するよう調整した。次に、認知負荷、出場回数と認知方略の関連性について検討する目的で、重回帰分析を行った。その後、出場回数による認知負荷の違いを分析した。さらに、認知方略をクラスター分析で分類し、出場回数によって各クラスターに違いがあるかを分析した。なお分析には、Excel VBAを利用したフリープログラムであるHADを使用した^[27]。

4.1. 項目分析

まず、24名分の回答結果を分析し、評価値が1と5のみの極端な値を示したデータを除外し、23名分のデータを分析対象とした。その理由として、当該データは無作為な回答の可能性があるため、少数データを分析する場合に、そうした回答が結果を歪曲する可能性があるためである。次に、IL9項目とその構成要因である「複雑さ」「情報の量」「難易度」、EL3項目とその構成要素である「見やすさ」と「作業工程の長さ」、認知方略20項目について、各変数の内的一貫性を確認したところ、ILおよび認知方略は内的一貫性を保った尺度であることが確認されたものの、ELの α 係数に問題が見られた($\alpha=.04$)ため、ELは単一の変数として扱わないこととした。次に、各変数の歪度と尖度を確認したところ、ILの尖度と歪度の正規性に偏りが検出された($\chi^2(2)=6.15, p<.05$)。極端な値を示した1項目を除外し、再度確認した結果、偏りは検出されなかった($\chi^2(2)=3.67, n.s.$)。それぞれの記述統計と α 係数表2に示す。また、出場回数と成績について順位相関係数を求めたところ、 $r=-.69(p<.05)$ であった。

4.2. 認知方略に関する重回帰分析

4.2.1. 出場回数とILを予測変数とした重回帰分析

出場回数及びILが認知方略の使用を促進するかについて検討する目的で、重回帰分析を行った。出場回数とIL、およびその交互作用項を予測変数とし、認知方略を基準変数とした強制投入法による重回帰分析を実施した($R^2=.38, p<.05$)^[28]。その結果、ILは認知方略の使用を

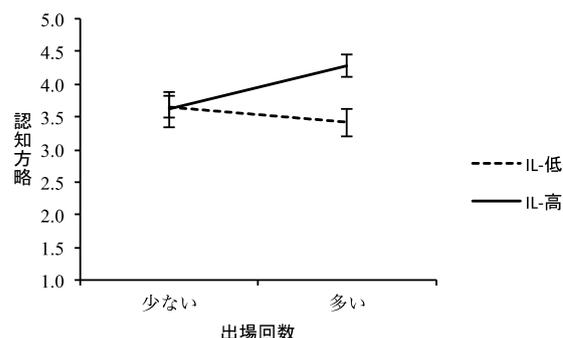


図3 出場回数と認知負荷の交互作用

表 2 認知負荷, 認知方略, 出場回数の記述統計と α 係数及び差の検定

	<i>M</i>	<i>SD</i>	α	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
IL(内在負荷)	3.86	0.49	.81	-2.13	*	-0.79
1回目	3.62	0.33				
2回目以上	4.00	0.53				
複雑さ	3.88	0.52	.59	-2.51	*	-0.79
1回目	3.59	0.40				
2回目以上	4.07	0.51				
情報の量	3.70	0.70	.83	-2.94	*	-1.13
1回目	3.26	0.49				
2回目以上	3.98	0.67				
難易度	4.06	0.58	.66	0.11	<i>n.s.</i>	0.04
1回目	4.07	0.52				
2回目以上	4.05	0.64				
EL(外在負荷)	3.14	0.49	-			
見やすさ(逆転)	2.84	0.71	.49	0.86	<i>n.s.</i>	0.33
1回目	3.00	0.51				
2回目以上	2.75	0.63				
作業工程の長さ	4.26	0.86	-		<i>n.s.</i>	-0.27
1回目	4.11	0.78				
2回目以上	4.36	0.93				
認知方略	3.80	0.51	.86			
出場回数	1.83	0.78				

※ $p < .05 = *$

※ELは尺度としての一貫性を持たず、差の検定を行わなかったため、1回目と2回目以上の平均値、標準偏差を算出しなかつた。

※「見やすさ」は、見にくいと評価するほど値が高くなるよう、逆転処理した。

※「作業工程の長さ」は1項目のため、 α 係数を算出しなかつた。

正に予測した ($\beta = .40, p < .05$)。また、出場回数と IL の交互作用は、有意傾向なものの認知方略の使用に対して正の予測を示した ($\beta = .34, p < .10$) が、出場回数は、予測しなかつた ($\beta = .21, n.s.$)。図 3 に示すとおり、出場回数が少ない場合、IL の評価は、認知方略の使用頻度を予測しなかつた。出場回数が多い場合、IL を高いと評価するほど、認知方略の使用頻度が高まることが示された。

4.3. 出場回数と認知負荷に関する検討

4.3.1. 出場回数による IL の差の検討

出場回数によって認知負荷の認識が異なるか検討するために、出場回数を独立変数 (1 回目の群, 2 回目以上の群) とし、IL を従属変数として、Welch 検定を行った (表 2)。その結果、出場 1 回目の選手と比べて、出場 2 回目以上の選手の方が、IL を有意に高く認識することが示された ($t(22) = -2.13, p < .05, d = -0.79$)。

次に、IL の構成要因でも差がみられるか分析した (表 2)。出場回数を独立変数、「複雑さ」、「情報の量」、及び「難易度」を従属変数として、Welch 検定を行った。その結果、「複雑さ」 ($t(21.00) = -2.51, p < .05, d = -0.79$)、「情報の量」 ($t(20.51) = -2.94, p < .05, d = -1.13$) では、出場回数 1 回目の選手と比べて、2 回目以上の選手は負荷を高く認識することが示されたが、「難易度」は有意差が認められなかつた ($t(19.64) = 0.11, n.s., d = 0.04$)。以上のことから、出場 1 回目の選手と比べて、2 回目以上の選手は IL を高いと認識し、両群で「情報の量」や「複雑さ」の認識は

異なるが、「難易度」は同程度に認識することが示された。

4.3.2. 出場回数による EL の差の検討

出場回数を独立変数 (1 回目の群, 2 回目以上の群) とし、EL の構成要因である「見やすさ」、「作業工程の長さ」で差がみられるか分析した (表 2)。Welch 検定を行った結果、どちらの要因も 2 群間に差は見られなかつた (「見やすさ」: $t(19.98) = 0.86, n.s., d = 0.33$, 「作業工程の長さ」: $t(19.32) = -0.68, n.s., d = -0.27$)。従って、出場 1 回目の選手と 2 回目以上の選手で、図面や機材の見やすさ、及び作業工程の長さの認識に、差がないことが示された。

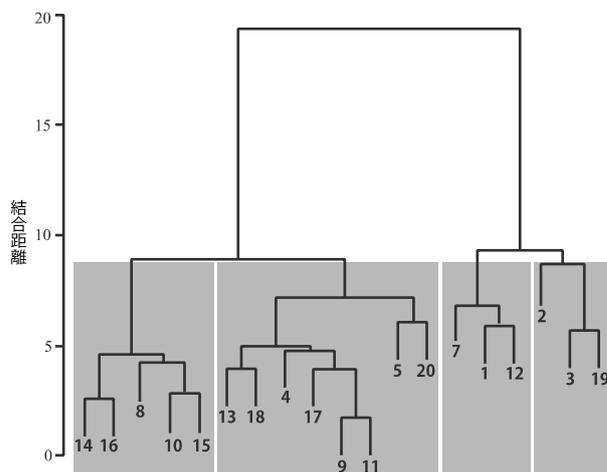


図 4 クラスタ分析で得られたデンドログラム

表3 認知方略の4クラスタに関する記述統計と及び差の検定

No	項目内容	クラスタ名	M	SD	t	p	d	
1	作業中、何に集中すべきかを、判断している	次の展開の予測	3.52	0.90	-0.18	n.s.	-0.07	
7	作業が順調な場合、失敗した場合などを想像しながら進める		1回目	3.48				0.67
12	作業ごとの配点や減点を計算する		2回目以上	3.55				1.05
2	作業に応じて集中力を上げたり、下げたりする	注意制御	3.01	0.87	-2.03	†	-0.81	
3	一つのことを気になっても、別のことに切り替える		1回目	2.59				0.76
19	不要になった情報が目に入らないよう、工夫する		2回目以上	3.29				0.86
4	いつ、なにを、どうやるか詳しく計画する	情報構造の制御	3.98	0.61	-1.86	†	-0.65	
5	施工したものの質や進捗を評価しながら作業する		1回目	3.74				0.30
9	目的達成のために、作業順序やタイミングの計画を立てる		2回目以上	4.13				0.71
11	課題を進めるために必要な情報を集める							
13	頭の整理を補助するために、紙に書いたり貼ったりする							
17	関係のある情報同士をまとめる							
18	図面の中の重要な情報にすぐ目が向くよう、工夫する							
20	必要な情報と不要な情報を分ける							
8	今は作業工程のどこを進めているか、把握する	品質達成のための作業容易化	4.45	0.49	-0.70	n.s.	-0.31	
10	作業で達成すべき品質をイメージする		1回目	4.36				0.58
14	図面に線や書き込みをし、作業を進めやすくする		2回目以上	4.51				0.43
15	図面を見て、自分が理解しやすいように情報を整理する							
16	作業をしやすくするために、部材や工具の配置を整える							

※ p<.10=†

4.4. 認知方略に関する検討

4.4.1. 認知方略のクラスタ分析

認知方略の特徴を分類する目的で、認知方略の20項目について、クラスタ分析を実施した(ウォード法)。どのクラスタにも分類されなかった1項目を除外し、再度分析した。デンドログラムを基に判断した結果、4クラスタを得た(図4)。クラスタ1は、「次の展開の予測」と命名した。クラスタ2は、「注意制御」と命名した。クラスタ3は、「情報構造の制御」と命名した。クラスタ4は、「品質達成のための作業容易化」と命名した。クラスタ毎の項目内容、及び記述統計などを表3に示す。

4.4.2. 出場回数による認知方略の差の検討

出場回数を独立変数、認知方略の4クラスタを従属変数として、Welch検定を行った(表3)。「注意制御」($t(18.71)=-2.03, p<.10, d=-0.81$)、及び「情報構造の制御」($t(18.78)=-1.86, p<.10, d=-0.65$)は、有意傾向だが2群間で差が示された。一方、「次の展開の予測」($t(21.0)=-0.18, n.s., d=-0.07$)、及び「品質達成のための作業容易化」($t(13.70)=-0.70, n.s., d=-0.31$)では、差がみられなかった。

5. 考察

5.1. 仮説の検証

前章の分析では、仮説の検証に先立ち、4.1.項にて出場回数と順位の間接分析を行った。その結果、両者は高い負の相関を示した。また、ここ3年の技能五輪成績を見ると、上位入賞者は皆出場2回目以上の選手であることから、好成績には、ある程度長く訓練を受け、熟達が必要と考えられ²⁹⁾、両者の関連性には様々な要因の交絡が想定されるものの、出場回数を熟達度の指標と捉えるこ

とは、ある程度妥当と考える。以下、熟達度が低いと想定される参加1回目の選手を初回選手、熟達度が高いと想定される参加2回以上の選手を複数回選手とする。次に4.2.項で重回帰分析を行い、出場回数及び認知負荷と、認知方略の関連性について検討した。その後、4.3.項で選手の出場回数によって認知負荷の認識に差があるかを検討した。最後に、4.4.項で熟達度による認知方略の使用の差を検討した。その結果、仮説1に反して、競技課題のILが高いと認識するほど認知方略の使用が増えること、仮説2に反し、複数回選手の方がILを高いと認識することが示された。また、複数回選手の方が「注意制御」など一部の認知方略を多用することから、仮説3は部分的に支持された。従来の知見では、熟達に伴い認知負荷は低下すると考えられていたが、HP状況で競技課題に取り組む場合、複数回選手ほど、タスクの認知負荷を高く認識し、そうした認識が認知方略の使用を促すことが新たに示された。また、複数回選手はメタ認知方略と想定される方略を、多く用いる可能性が示唆された。

これらの結果から、複数回選手は、ILが高くても認知方略の多用に対応できるよう、AWMCを確保していると推察され、HP状況下で競技課題を認知処理する選手が、WMを効果的に活用する手段について、次のような示唆

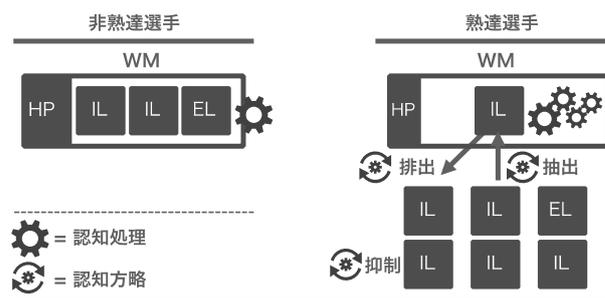


図5 認知負荷量の制御イメージの例

を得ることができる(図5)。すなわち、熟達した複数回選手は、IL の認識が高く、作業要素などを多く認識しているものの、処理対象のタスク全てを常に WM に留めているのではなく、「注意制御」などのメタ認知方略を使用して処理が必要なタイミングでタスクを抽出し、それらを完了後に排出し、且つ不要なタスクの割り込みを抑制することで、作業中の WM が最適な認知負荷量となるよう制御する。選手はこうした制御で AWMC を確保し、認知処理を機能させている可能性がある。一方、初回選手は、HP 状況による AWMC の減少や、領域固有知識の未発達などにより、認知負荷量の制御が困難なため過剰負荷となり、認知処理が阻害される可能性がある。

以下、仮説の検討を通して、領域固有知識の発達に注目し、選手の熟達度によって認知負荷の認識、及び認知方略の使用に違いがあること、それらの AWMC の確保や認知処理に対する影響について考察する。

[仮説 1]

仮説 1 を検討する目的で、IL と EL それぞれのケースで重回帰分析を行い、出場回数と認知方略の関連性を検討したところ、認知負荷を低いと認識するほど認知方略を多く使用するとした仮説 1 に反して、IL を高く認識するほど、認知方略を多く使用することが示された。また、出場回数の多い選手の場合、IL が高いと認識するほど認知方略を多用すること、出場回数が少ない選手の場合、認知負荷の認識が認知方略の使用と関連しない可能性が示された(図4)。なお、EL は変数の内の一貫性が低い為、回帰分析を行わなかった。これらの結果から、以下の示唆が得られた。

(1) IL 認識が高い複数回選手ほど認知方略を多用する

複数回出場し、IL を高いと認識する選手ほど、認知方略を使用するという傾向が示された。この結果は、仮説 1 に反するものであり、HP 状況で好成績を目指す場合、IL を高く認識することにより認知方略の使用が促進される可能性が示唆された。これは、一般的に、複数回選手ほど競技課題に対して高い得点を得る、つまり高い完成度を得る可能性が高いことと関連していると推察される。高い完成度を得るための作業要素及びその方法は膨大かつ複雑であるが、複数回選手はこれらに熟知しており、その認知処理のタスク量、すなわち、処理対象タスク量が初回選手と比べて多くなる。そのため、限られた WM を効果的に使用する必要があり、認知処理を効率化する目的で、認知方略を多用すると推察される。また、認知方略の多用自体は GL (課題関連負荷) となり、選手の認知負荷を高める可能性もあるが、IL の高さや認知方略の多用が両立している点を考慮すると、認知方略は、AWMC を確保するという目的でも使用される可能性がある。従って、選手が好成績を得るには、技能に熟達すると同時に、認知処理や認知方略も熟達することが、重要といえる。

(2) 複数回選手でも IL 低いと認知方略を使用しない

複数回選手でも、IL を低いと認識する場合、認知方略の使用頻度も低下した。IL を低く認識する背景として、訓練期間が長くても処理対象タスク量が増えていない可能性、IL を過小評価している可能性、処理の効率化により低いと認識する可能性などが考えられる。前者 2 つの場合は、訓練において対策が必要と考えられる。処理対象タスク量は、領域固有知識の発達に伴い増加すると考えられるが、訓練期間が長くても選手が意図的に学習しなければ、その知識は変化しない可能性がある。処理対象タスク量を増やさない選手は、競技課題の完成度が不十分、或いは高い IL の中で認知処理を効率化するための認知方略が十分に訓練されていない、などの状態で技能五輪に出場することが懸念される。その結果、HP 状況で WM が減少し、認知処理が十分に機能せず、実力を発揮することが難しいことも推察される。

[仮説 1] の (1)、及び (2) から、訓練期間が長くても、領域固有知識や認知方略の発達が選手により異なることが示唆され、認知方略に注目してそれらを区別した場合、基本技能は発達したが認知方略は未発達な選手と、認知方略も発達した選手が存在すると推察される。訓練において前者は、技能と同時に、処理対象タスク量を増やし認知方略の発達を促すような指導が必要である。

(3) 初回選手は、認知負荷と認知方略が関連しない

初回選手の場合は、IL の認識と、認知方略の使用は関連しなかった。この結果から、認知方略の使用が熟達を要するものであり、初回選手の認知方略の使用は限定的であると推察される。その理由として、初回選手は認知方略使用の前提となる領域固有知識が未発達であり、基本技能の自動化・省力化が不十分と想定されるため、AWMC が乏しく、認知方略への配分が難しいことなどがあげられる。初回選手には、IL を低く認識する選手と、IL を高く認識する選手がいるが、前者は IL の入力を削減することで、後者は IL を多く入力することで、HP 状況での作業に適応を目指している可能性がある。認知方略習得を考慮した場合、初回段階でどちらが適応的な戦略なのかについては今後検討が必要である。

[仮説 1] の (1) ~ (3) を踏まえると、初回選手は、IL 認識に関わらず、認知方略の使用が限られる。その理由として、HP 状況下で AWMC が減少する中作業する初回選手は、基本技能の行使に WMC を優先配分している可能性があげられる。一方、複数回選手は、IL を高く認識するほど、認知方略を多く使う。つまり、そうした選手は IL が高くても認知処理を行えるよう、AWMC を確保していると推察される。こうした点を考慮すると、認知方略は、認知処理自体を効率化することに加え、AWMC を最適化する目的にも使用される可能性がある。

[仮説 2]

仮説 2 を検証する目的で、4.2. 項にて出場回数(初回選手群、複数回選手群)を独立変数とし、認知負荷を従

属変数として2群の差の検定を行った(表2)。その結果、仮説2に反して、複数回選手は初回選手よりILの認識が高いことなどが示された。ILの構成要因別に検討したところ、複数回選手の方が、初回選手よりも、「複雑さ」、「情報の量」を高いと認識した。一方、「難易度」は両者で差が見られなかった。ELでは、「見やすさ」、「作業工程の長さ」とともに、複数回選手と初回選手で認識に差はなかった。この結果から、以下の示唆が得られた。

(1) 複数回選手は、初回選手よりもILを高く認識する
複数回選手がILを高く認識する要因は、[仮説1]の(1)で述べたように、HP状況で高い完成度を得る為に、処理対象タスク量が多くなることなどが影響すると考えられる。一方、そうしたタスク量の増加は、熟達に伴う領域固有知識の発達が必要と想定され、それらが不十分な初回選手は、タスク量が複数回選手と比べて少ないと推察される。ただし、「難易度」は両者に差がないことから、初回選手は複数回選手と比べてILを低く認識するものの、複数回選手と同程度に競技課題を難しいと認識している。こうした複雑さや情報の量の多さと難易度認識の差は、指導場面において留意が必要と考えられる。

(2) ELの認識は、熟達度の影響を受けにくい
「見やすさ」の認識は、選手の熟達度で差がなかった。この結果は、ELの場合、訓練期間が長くない初回選手でも、認知スキーマが形成され、認知処理が効率化されやすい可能性を示している。その背景として、ELが競技課題の図面や機材が持つ構造など、目に見える外的な要素に起因する負荷であり、タスクに関する潜在的・暗黙的な知識などを反映すると想定されるILと比べて、見慣れやすい可能性などが想定される。

本研究でELを測定した項目は内的一貫性が低くかった。その理由として、測定項目の内容が不明瞭であった可能性、独立した概念を測定していた可能性などが考えられる。例えば、紙に印刷された図面と、金属などが加工された機材の「見やすさ」は、異なる視点で評価される可能性がある。こうした点を考慮し、ELを測定する項目については、検討する必要がある。

[仮説3]

仮説3を検証する目的で、4.3.1.項において認知方略をクラスタ分析し、4クラスタを得た(図5、表3)、次に、4.3.2.項において出場回数を独立変数、各クラスタを従属変数として差の分析を行ったところ(表3)、熟達選手は、非熟達選手と比べて、「注意制御」と「情報構造の制御」を、多用する傾向を示した。一方、「次の展開の予測」、「品質達成のための作業容易化」では差はなかった。この結果は、認知方略の使用が熟達度によって異なるとする仮説3を、一部支持するものと考えられ、以下のような示唆が得られた。

(1) 複数回選手はメタ認知方略で負荷を制御する

複数回選手は「注意制御」と「情報構造の制御」を多用する傾向を示した。この背景には、これらの方略が認知方略の遂行をモニタリングし制御するメタ認知的方略の性質を持つこと、その使用には熟達上の制約があることなどが考えられる。「注意制御」では、例えば、「一つのことが気になっても、別のことに切り替える」、すなわち、現在の注意集中の対象と、本来向けるべき対象についてモニタリングした上で、注意の対象を切り替える。また、「情報構造の制御」では、例えば、「目的達成のために、作業順序やタイミングの計画を立てる」こと、すなわち、作業の要素、関連性を検討しつつ、最適な順序を考慮し、認知処理を行う。従って、複数の認知処理を同時に行い、その中に領域固有知識が必要な判断も含むため、WMを効率よく使える水準に達した選手でなければ、過剰負荷となる可能性がある。

これらのメタ認知方略は、タスクの情報を構造化し、どのタスクに注意を向けるべきかの制御に寄与する。複数回選手は、こうした方略を使用することで、必要なタスクを適切なタイミングで抽出し、処理を終えた段階で注意対象から排出し、不要なタスクの割り込みを抑制することが可能と推察される。つまり、複数回選手は、全てのタスクを常にWMに留めているのではなく、メタ認知方略を使用し、WMの認知負荷量を制御してAWMCを確保し、認知処理を機能させている可能性がある。

(2) 具体性の高い認知方略は使用しやすい

「次の展開の予測」と「品質達成のための作業容易化」は、熟達度で使用頻度に差がなかった。この背景には、これらの認知方略が、作業の遂行と直接関わる基本的なものと思われる点などあげられる。例えば、「次の展開の予測」に含まれる「作業ごとの配点や減点を計算する」は正確な作業の遂行に必要であり、「品質達成のための作業容易化」に含まれる「作業しやすくするために部材や工具の配置を整える」は迅速な作業の遂行に必要である。その意味で、これらは具体的な作業に付随する認知方略と言え、領域固有知識の蓄積をあまり要せず、少ないWMCでも使用できる認知方略と推察される。

[仮説3]の(1)(2)を総合すると、選手の認知方略には具体性、領域固有知識の発達度、WMCの使用量などの点で階層性があり、基本技能に付随すると考えられるものから、タスクの情報を構造化し、認知負荷量を制御するような抽象度が高いものまで存在すると考えられる。認知方略の指導は、こうした階層性を考慮する必要がある。

5.2. コンダクト・スキル訓練

これまでの考察を踏まえ、AWMCを確保し認知処理を機能させるための認知方略を指導する訓練、すなわち、コンダクト・スキル訓練を提案する。

これまで考察したように、ILを高く認識した複数回選手は、「情報構造の制御」や「注意制御」といったメタ認知方略を用いて認知負荷を制御し、AWMCを確保して、

認知処理を行っている可能性が示唆された。こうしたプロセスは、目標達成の為に AWMC を指揮する技能と考えられるため、ここでコンダクト・スキルと定義する。従来、技能五輪の訓練では、コンダクト・スキルの指導はほとんど行われていない。しかし、HP 状況で認知負荷の高い競技課題に取り組む技能五輪の性質を考慮すると、AWMC の減少に伴う認知処理の機能低下を回避するためには、コンダクト・スキルの熟達が、基本技能の熟達と同様に重要といえ、この両者を兼ね備えた選手が、技能五輪で好成績を残す熟達者と捉えることができる。

コンダクト・スキル訓練の目的は、認知負荷の高いタスクを認知処理する際に、AWMC を最適に保つ方法の習得であり、アセスメントと指導で構成される。アセスメントでは、選手に最適な処理対象タスク量（認知負荷）を測定する。また、認知方略の階層性を踏まえ、現在の認知方略や、上位階層の認知方略を使用できる熟達度かについて評価する。その理由として、非熟達選手の場合、[仮説 1] 及び [仮説 2] で述べたように、領域固有知識が十分に発達しておらず、AWMC が乏しい可能性があるため、メタ認知方略の使用がむしろ過剰負荷となり、訓練効果が抑制されることなどがあげられる。指導では、アセスメントを踏まえ、AWMC を最適化するコンダクト・スキルの必要性を解説した上で、選手に適した認知負荷量に調整し、認知方略の使用を促す。認知方略は、選手の熟達度に応じて、基本技能に付随するものから、「注意制御」のような上位階層の認知方略まで指導する。こうした解説や教示を指導員が明示的に行う理由として、[仮説 1] の(2)で述べた通り、高い完成度を得るために必要とされる領域固有知識は、長く訓練すれば自然に身についたり、選手が気づいたりするとは限らない点があげられる。以上のようなコンダクト・スキル訓練を行うことで、HP 状況下でも、最適な AWMC を確保し、認知処理を促進することに寄与すると考える。

コンダクト・スキル訓練を実践するには、訓練課題の構造も重要である。訓練では、HP 状況かつ認知負荷が高まりやすい状況を想定し、そうした条件下で AWMC を制御する課題設定が求められる。その設定法として、EL を調整するケース、IL を調整するケース及び省察セッションについて述べる。EL を調整するケースでは、図面の構成やデザインを見慣れないものへと変更し、その理解を問う方法などが考えられる。慣れない図面の認知処理では、認知スキーマの効果が低下し、認知負荷が高まって AWMC は減少するため、「情報構造の制御」を活用し、AWMC を確保するようにならなければならない。IL を調整するケースでは、例えば不要な情報が混入した図面から必要な情報を識別して焦点化する力を問うなどが考えられる。必要なタスクに注目し、不要なタスクを排除する「情報構造の制御」や、注意を切り替える「注意制御」を活用し、AWMC を制御する訓練が可能である。また、認知方略の暗黙性を考慮し、訓練課題の終了後に認知処理の過程や使用した方略を言語化して、その要素を客観的に分析する省察セッションの実施も同様に重要である。

6. まとめ

本研究では、はじめに技能五輪に出場する選手のパフォーマンス発揮に影響する要因として認知負荷の認識と認知方略の使用、及び訓練期間の長さによる熟達度の違いに関する関連性を考察した。調査は、ある情報系職種に出場する全選手を対象として行い、統計的に分析した結果、仮説 1 に反して、競技課題の認知負荷（内在負荷：IL）が高いと認識するほど認知方略の使用が増えること、仮説 2 に反して、熟達選手の方が IL を高いと認識することが示された。また、熟達選手の方がメタ認知方略を多用することから、仮説 3 は部分的に支持された。従来の知見では、熟達するほど認知負荷は低下すると考えられていたが、HP 状況で競技課題に取り組む場合、熟達選手ほど認知負荷を高く認識すること、そうした認識が認知方略の使用を促進することが新たに示された。そして、目標達成の為に WMC の利用可能領域（AWMC）を指揮するスキルをコンダクト・スキルと定義し、基本技能に加え、コンダクト・スキルを使用する熟達選手の育成を目指したコンダクト・スキル訓練を提案した。

認知方略が明示的に指導されにくい問題を踏まえれば、本研究の知見は、技能指導において技能者の認知負荷と認知方略の関係を階層的に捉え、その段階に応じた認知方略の習得を促進する点で、意義があると言える。また、技能五輪の一つの職種に出場する全選手を対象とした調査はこれまで例がないものであり、技能五輪選手の実態を把握するという点においても、有意義な知見を得られたと考える。今後、コンダクト・スキル訓練の実証的研究に取り組み、その成果を明らかにしていく予定である。

本研究の一部は JPSF 科研費 16K01054 の助成を受けた。

謝辞

本研究にご協力いただいた情報ネットワーク施工職種の選手の皆様に深謝申し上げます。

参考文献

- [1] S. L. Beilock and T. H. Carr: "When high-powered people fail: Working memory and Choking under pressure in math". *Psychological Science*, 16, 101-105 (2005).
- [2] P. H. Winne: "A Cognitive and Metacognitive Analysis of Self-Regulated Learning" *Handbook of Self-Regulation Learning and Performance*, B. J. Zimmerman and D. H. Schunk (Eds), pp. 15-32, Routledge, New York (2011).
- [3] 湯浅正通, 湯浅美紀: "ワーキングメモリと教育", 北大路書房, 京都, (2014).
- [4] F. Paas and P. Ayres: "Cognitive Load theory a broader view on the role of memory in learning and education." *Educational Psychology Review*, Vol. 26(2), pp. 191-195 (2014).
- [5] B. M. Elzinga and K. Roelofs: "Cortisol-induced impairments of working memory require acute sympathetic activation." *Behavioral Neuroscience*, 119(1), 98-103, (2005).

- [6] J. Leppink, F. Paas, C. P. M. Van der Vleuten, T. Van Gog and J. J. G. Van Merriënboer: "Development of an instrument for measuring different types of cognitive load." *Behavioral Research*, 45, 1058-1072, (2013).
- [7] 菊池拓男: "アルバート・ビダル賞をなぜ獲得できたのか-世界一を目指す職業訓練チーム構築の実証的研究-" *職業能力開発研究誌*, 32(1), pp.55-64, (2016).
- [8] 犬塚美輪: "生徒たちはどのように説明文読解方略を学ぶか" *日本教育心理学会第 49 回総会発表論文集*, 264, (2007).
- [9] 羽田野健, 菊池拓男: "技能習得における認知負荷の知識化と対処方略に関する事例研究-若年技能者の技能習得過程に焦点をあてた質的分析." *職業能力開発研究誌*, 32(1), pp.35-44, (2016).
- [10] J. J. G. van Merriënboer, and J. Sweller: "Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies" *MEDICAL EDUCATION*, Vol. 44, pp. 85-93 (2010).
- [11] 苧坂満理子: 「脳のメモ帳 ワーキングメモリ」, 新曜社, 東京 (2000).
- [12] 楠見孝: 「実践知の獲得 熟達化のメカニズム」, 実践知エキスパートの知性, 金井壽宏, 楠見孝編, pp.34-57, 有斐閣, 東京(2012).
- [13] A. L. Wong, N. Marcus, and J. Sweller: "Cognitive load theory, the transient information effect and e-learning.", *Learning and Instruction*, 22, 449-457 (2012)
- [14] J. Leppink, F. Paas, van Gog, Tamara, C. P. M. van der Vleuten, J. J.G. van Merriënboer: "Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load." *Learning and Instruction*, 30, 32-42, (2014).
- [15] D. S. Domin: "Student's perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction." *Chemistry Education Research and Practice*, 8, 140-152 (2007).
- [16] P. H. Winne: "Self-regulated learning View from model of Informational Processing". In B. J. Zimmerman and D. H. Schunk(Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey (2001). (塚野州一 (編訳): 「自己調整学習の理論」, 北大路書房, (2006)) .
- [17] B. J. Zimmerman: "Reflection on theories of self-regulated learning and academic achievement" In B. J. Zimmerman and D. H. Schunk(Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*. "2nd ed. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey (1990). (塚野州一 (編訳): 「自己調整学習の実践」, 北大路書房, (2007)) .
- [18] S. Kalyug, P. Chandler, and J. Sweller: "Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction" *Journal of Educational Psychology*, Vol. 92, pp. 126-136 (2000).
- [19] P. Kendou, P. van den Broek, M. White, and J. Lynch: Comprehension in preschool and early elementary children: Skill development and strategy interventions. In D. S. McNamara (Eds.), *Reading comprehension strategy: Theories, intervention and technologies*. Lawrence Erlbaum Associates, NY, (2007).
- [20] R. Kanfer & R.L. Ackerman: "Motivation and cognitive abilities: An integrative/aptitude-treatment interaction approach to skill acquisition" *Journal of Applied Psychology*, Vol74(4), 657-690 (1989).
- [21] 樋口貴広: "運動支援の心理学", pp.107-133, 三輪書店, 東京, (2013).
- [22] 手塚太郎: "技能学習における速さと正確さの関係についての心理学的研究" 杉山書店, 東京, (1996) .
- [23] 菊池拓男: "光ファイバ施工技能者の職業能力評価に関する考察" *OFT*, pp.41-44, (2016).
- [24] 第 54 回技能五輪全国大会「情報ネットワーク施工」職種競技課題概要:
http://www.javada.or.jp/jigyoino/zenkoku/n_54/kadai/38/38_01kyougikadai_2016540829.pdf
- [25] B. J. Zimmerman: "A social cognitive view of self-regulated academic learning" *Journal of Educational Psychology*, 81, 329-339 (1989).
- [26] B. J. Zimmerman and M. Martinez-Pons: "Student differences in self-regulated learning: Relating grade, sex, and giftedness to self-efficacy and strategy use" *Journal of Educational Psychology*, 82, 51-59 (1990).
- [27] 清水裕士, 村山綾, 大坊郁夫: "集団コミュニケーションにおける相互依存性の分析(1)コミュニケーションデータへの階層的データ分析の適用" *電子情報通信学会技術研究報告*, 106(146), 1-6, (2006).
- [28] J. Cohen, P. Cohen, S. G. West and L. S. Aiken: "Applied Multiple Regression/ Correlation Analysis for the Behavioral Sciences." Routledge, NJ, (2003).
- [29] 直近 3 (52~54) 大会の入賞者一覧を以下の URL に示す.
52:http://www.javada.or.jp/jigyoino/zenkoku/n_52/52_nyusho_ichiran_20150129.pdf
53:http://www.javada.or.jp/jigyoino/zenkoku/n_53/53_nyushousya.pdf
54:http://www.javada.or.jp/jigyoino/zenkoku/saishin_taikai.html

(原稿受付 2017/01/20, 受理 2017/03/31)

*羽田野 健

NPO 法人ロッコ, 〒104-0061 東京都中央区銀座 6 丁目 13 番 16 号 銀座 wall ビル UCF5 階
email:takeshi.hadano@ness-kraft.jp
Takeshi Hadano, NPO locco, ginza wall biru UCF 5F, 6-13-16, ginza, chuo-ku, Tokyo 104-0061

*菊池 拓男, 博士 (工学)

職業能力開発総合大学校, 能力開発院, 情報通信ユニット
〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1
email:kikuchi@uitech.ac.jp
Faculty of Human Resources Development, Polytechnic University of Japan, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035