

高度熟達技能者の多元的コンダクト・スキルに関する検討 -技能五輪選手を対象とした実証研究- Multidimensional Conducting Skills of Highly Expertized Worker -Empirical Research for Competitors of Skill Competition-

羽田野 健, 菊池 拓男

Takeshi Hadano and Takuo Kikuchi

This investigation explored the characteristics of Ecological Cognitive Load (ECL) and multi-dimensional conducting skills (MCS) which highly expertized worker have. Questionnaire survey was conducted to competitors who belonged to informational field, and participated in 55th world skills Japan. Intensity of ECL and usage of MCS were compared in three groups assigned by competition result. Analysis shows that high result competitors have high usage of MCS, including such strategies as effective information inputting, and speed accuracy handling. MCS has hierarchal structure. The hierarchal conducting skills training was suggested.

Keyword: Multi-dimensional Conducting Skills, Ecological Cognitive Load, and Attention Regulation.

1. はじめに

技能五輪全国大会（以下、技能五輪とする）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会であり、参加する選手（以下、選手とする）は、技能検定一級以上の高水準の競技課題に、厳しい制限時間の中で取り組み、その完成度を競う。選手は、競技課題が求める職種技能の遂行に加え、図面や仕様書等から必要な情報を収集し既存知識と関連付ける、作業中に生じたミス等の様々な状況変化を分析して適した対処を選択する、作業計画を立て時間を管理する等の情報処理も行わなければならない。文献[1]では、技能五輪の高度熟達者が、作業遅れ等で制限時間を損失すること、すなわち時間損失を前提に計画を立て作業していたと報告されている。つまり、実力を発揮する選手とは、職種技能に加え、制限時間の管理やミスの対処等も効果的に行う選手と言える。選手を指導する観点からは、これらの要因を多元的に検討しなければならない。

選手が作業中に行う情報処理は、ワーキングメモリ (Working Memory; 以下 WM とする) と注意 (Attention) の役割が関連している。WM とは、情報処理における基盤システムであり、「さまざまな課題の遂行中に一時的に必要なとなる記憶、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」とされる^[2]。WM は、記憶と中央実行系で構成され、記憶は情報の保持を、中央実行系は記憶等の注意に活用する資源、すなわち注意資源を情報処理に分割する役割をそれぞれ担っている。

WM が注意資源を分割して処理を行うプロセスで重要なものが、注意の機能である。Wickens^[3]は、情報処理を入力と処理の2段階に大別し、注意が情報の入力段階で入力すべき情報の選択等のフィルターの役割を果たす注意焦点 (focused attention) と、情報処理段階で注意資源の配分対象や配分量を選択する役割を果たす分割的注意 (Divided Attention) で構成されるとした。そして、入力段階で不要な情報への注意焦点が抑制され、必要な情報だけに注意焦点が向けられること、情報の処理段階で処理に必要な量の注意資源を、分割的注意が配分することで、効果的な情報処理が実現すると指摘した。つまり、注意は、WM という基盤システムに情報を入力する段階で選別する機能、処理する段階で注意資源を配分する機能を担っていると言える。

我々は文献[4]において本番で実力を発揮する傾向の高い熟達選手について、競技中の情報処理の際に生じる負荷、すなわち認知負荷と、情報処理を効率的かつ効果的に遂行するための方法、すなわち認知方略に注目して調査を実施した。その結果、技能五輪出場経験のある熟達選手は、初めて出場する非熟達選手と比べて、注意焦点を処理対象のタスクに焦点化し、注意資源の配分を管理する等の注意制御方略、及び作業計画やそのモニタリングに関連する処理を調整する等の情報構造の制御方略を、高頻度で使用する傾向を示した。これらの方略を我々はコンダクト・スキルと定義し、その役割は、「処理すべきタスクを必要なタイミングで抽出し、それらが完了すれば WM から排出して、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 が最適な認知負荷となるよう制御する」であるとした。コンダクト・スキルを使用する選手は、注意焦点と分割的注意を適切に機能させ、その結果、情報処理の基盤である WM を有効活用し、認知負荷が高い状況下でも、効果的な情報処理を実現している。つまり、コンダクト・スキルは注意の働きと WM の働きを促進する機能を持つと考えられる。

競技中は、競技課題の認知負荷への対処だけでは不十分である。前述したように、選手は作業の遅れや作業ミス等に多面的な対応を迫られる^[4]。例えば、選手の作業ミスは、ヒューマンエラーの一種と考えられるが、作業ミスが生じると、選手は目の前の作業を中断し状況確認や修復に取りかかる必要がある。目の前の作業が中断した場合、その時点の情報処理が阻害され、忘れや間違いの誘引となることが知られている^[5]。これらの要因は、いわば選手が作業する環境の生態学的特性とも言え、競技課題自体が持つ認知負荷ではないが、情報処理への影響が想定されるため、発生の予防や影響の軽減が必要であり、そのあり方を明らかにすることが求められる。

本研究では、これまで我々が検討した競技課題に起因する認知負荷に加えて、時間や作業ミスといった作業を取り巻く生態学的特性に由来する認知負荷 (Ecological Cognitive Load: 以下, ECL) を想定する。それらに対して、選手が多面的コンダクト・スキル (Multi-dimensional Conducting Skills: MCS) を用いてどのように対処し、それが競技結果とどう関連するかについて検討する。その際、選手の作業遂行における注意焦点、及び分割的注意に注目する。すなわち、WM に代表される注意資源、利用可能時間等に代表される時間資源を、必要な情報の処理にどう向け (以下, 焦点化)、配分するか (以下, 資源の配分) に注目する。そのうえで、次の目的で、仮説を検証する。すなわち、焦点化、及び資源の配分の抑制要因として生態学的認知負荷 (ECL)、促進要因として多面的コンダクト・スキル (MCS) を取り上げ、競技中の選手がどのような強度で ECL を認識し、どの種類の MCS をどの程度使用するのかといった特徴を明らかにし、指導に資する知見を得ることである。

はじめに、ECL 及び MCS の測定項目を作成し、情報ネットワーク施工職種に出場する選手にアンケート調査を行う。次に、その結果に基づき、ECL と MCS の相関関係を分析する。そして、選手を競技結果別に上位入賞、入賞、非入賞の 3 群に分割し、測定項目の中で特に高い値/低い値を示した ECL、及び MCS を比較して、作業における焦点化と資源の配分の特徴を考察する。

2. 技能五輪における生態学的認知負荷と多面的コンダクト・スキル

本章では、生態学的認知負荷 (ECL)、と多面的コンダクト・スキル (MCS) について概観し、その関連要因として熟達化に触れた後、技能五輪における選手の ECL と MSC について述べる。

2.1. 生態学的認知負荷

作業中の選手は図面や仕様書等から必要な情報を収集する、作業計画を立てる、様々な状況変化を分析して適した対処を選択する等の情報処理を行う。それらには ECL、すなわち課題負荷 (Load-Competition task)、時間負荷 (Load-Time) 及びミス負荷 (Load-Mistake) が影響すると考えられる。以下、焦点化と注意の配分の観点からこれらを概観し、技能五輪との関連性を述べる。

課題負荷は、認知負荷理論^[6]によれば、競技課題において処理すべき選手の主観的な認識であり情報要素や工程の複雑さ、多さ、難易度等が該当する。課題の要素が取り組む者にとって多く複雑過ぎる場合、その者は過剰負荷状態となる。その結果、処理すべき情報に焦点化できず、注意資源の配分が困難となる等が生じる。一方で、高い完成度を目指す場合、意図的に作業や工程の量等の認知負荷を増加させる可能性も指摘されている^[4]。

時間負荷は、競技課題の制限時間と完成すべき課題の量の関係に起因する負荷である^[7]。時間資源が、取り組む課題の量に対して少ない場合、時間の心理的な圧力である時間圧が高まり、必要な手順を省く、通常と異なる手順で作業する等の作業ミスの頻度が増すとされる^[8]。また、作業が遅れると時間資源を損失するため、その回避に綿密な時間資源の管理が必要である。そのために時間のモニタリング等に注意焦点を切り替える必要があり、時間負荷が高いほど、情報処理は阻害される。

ミス負荷は、作業中に生じる作業ミスに起因する負荷である。作業ミスの種類はスリップ (予定していた作業を忘れる) や、ミステイク (間違っただり方をする) など様々なものがある^[8]。これらのミスが生じると、ミスの対応が現在遂行中の作業に割り込むため、注意焦点が捕捉され、注意資源や時間資源の分割が要求される。また、ミスで作業が一旦中断し、元の作業に復帰する場合、注意焦点の切り替えが必要となる。この切り替えには注意資源を消費するため、その後のミス発生率を高める^[9]。このように、ミス負荷は、注意焦点を補足し、ミスへの対処と元の作業への復帰に注意資源を消費・損失するため、情報処理の阻害要因となる。

2.2. 多面的コンダクト・スキル

競技課題を情報処理する際、1 章で述べたように、選手は 2 つの制御を行っている^[4]。1 つ目は、注意焦点を処理対象のタスクに焦点化し、注意資源の配分を管理する注意制御方略である。2 つ目は、作業計画やそのモニタリングに関連する処理を調整する情報構造の制御方略である。これらを使用する選手は、作業ミス等に由来する妨害刺激に注意焦点が捕捉されても、処理すべきタスクに再び焦点化し、競技課題の認知負荷が多く複雑な場合等でも、その情報構造を処理しやすいよう整え直す。そのため、効率的かつ効果的に情報処理を行うことが可能とされる。本研究では、競技課題の情報処理に関連する注意制御、及び情報構造の制御を、課題情報の制御と定義する。

時間を有限な資源と捉え、その有効活用を目指して時間を管理する方法は、認知的時間資源管理方略と呼ばれる^[10]。時間負荷の項で述べた通り、時間圧や意図しない時間資源の損失は、作業ミス等を誘発する可能性がある。選手は、時間資源の必要量を見積もる方略、消費量をモニタリングする方略、不足した場合は産出して作業計画に追加する方略等を行っている^[11]。これらの制御を、本研究では、時間制御と定義する。

文献[1]では、熟達選手が、訓練を通して作業ミスのパターンを整理し、対処方法の選択肢を準備しており、本番でミスが生じた場合に、その認識・整理・対処方法の選択に要する注意資源等を削減していたことが示されている。これらの方略は、ミスの発見や対処への注意資源の分割を削減する、すなわち省資源化すると同時に、対処方法の産出や選択に対する必要以上の注意焦点の捕捉を回避すると考えられ、ミス負荷の影響を低減するとと言える。ミスに関するこれらの方略を、本研究では、ミス制御と定義する。

MCS の習得は、熟達化と関連する。熟達化とは、当該領域に関する知識、すなわち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^[11]。領域固有知識が発達すると、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^[12]、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^[13]、情報処理の効率化や、処理タスクの明確化、自動化に伴う注意資源の消費の省力化等が実現する。

熟達化に伴う領域固有知識の発達は、認知方略の構築を促すことが知られている^[12]。例えば、参考文献[1]では、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、対処すべきタスクが明らかとなり、認知方略の構築に繋がった可能性を示している。その一方で、熟達度の低い者が、熟達度の高い者と同様の認知方略を使用すると、むしろ作業成績が低下する熟達化交互作用（Expertise Reversal）も知られており、熟達度に応じて適した認知方略や使用可能な認知方略が異なる^[14]。

ここまで概観した ECL と MCS を、技能五輪に適用すると次のようになる。すなわち、選手は、競技課題の遂行に必要な種々の情報を、作業中に処理している。競技課題の要素や工程の量、複雑さ、難易度といった課題負荷が高いほど、これらの情報処理に多くの注意資源を配分し、焦点化を維持することが求められる。また、競技課題に対して時間資源が過小な場合や、作業中に生じた遅れに伴う時間資源の損失等は、その修復や影響抑制のための切替に注意資源の配分が必要な点で、情報処理の阻害要因となる。同じく、様々な作業ミスも、現在作業の中断や他作業の割り込みによって注意を捕捉し、注意資源や時間資源の損失等に至る点で、情報処理に対する阻害要因となる。文献 [1] は、熟達選手が、経験の浅い段階で参加した技能五輪において、緊張が高まり普段の訓練では生じない作業ミスが生じ、それに伴う時間損失が連鎖した結果、制限時間内に作業を終えることが

出来なかったケースを報告している。時間負荷やミス負荷が高まり、時間配分や作業計画の変更といった追加の情報処理を迫られたため、完成度を高めることに注意資源を焦点化できず、パフォーマンスが低下したと考えられる。

ここまでを考慮すると、MCS の特徴は次の通りである。すなわち、ECL と負の相関関係にあり、ECL を抑制する。つまり、MCS を使用する選手は、時間の管理やミスの対処への注意の捕捉を回避する等を通して、課題負荷、時間負荷、ミス負荷に対する注意資源や時間資源の過剰な消費を抑制すると考えられる。また、高い完成度を得るために必要とされるタスク、すなわち、図面や仕様書等から情報を収集し既有知識と関連付ける、作業計画をモニタリングする等に焦点化し、迅速かつ正確な作業を遂行すると考えられる。そして、熟達度と MCS の使用の関連性を考慮すると、熟達度が高い選手ほど、多種類の MCS を使用すると考えられる。

2.3. 検証する仮説

本研究で検証する仮説は、以下の通りである（図 1）。

- 仮説 1：時間負荷、ミス負荷は、課題情報制御、時間制御、ミス制御と相反関係にあり、負の相関を示すが、課題負荷は課題情報制御と正の相関を示す。
- 仮説 2：パフォーマンスの低い選手は、ECL が高く、MCS を使用しない。すなわち、課題、時間、ミスの各負荷は強度が高く、課題情報、時間、ミスの各制御は使用度が低い。
- 仮説 3：パフォーマンスの高い選手は、ECL の強度が低く、MCS の使用度が高い。すなわち、課題、時間、ミスの各負荷の強度が低く、課題情報、時間、ミスの各制御の使用度が高い。
- 仮説 4：パフォーマンスが異なる選手では、作業の特徴が異なるため、ECL の強度や、使用度の高い MCS が異なる。

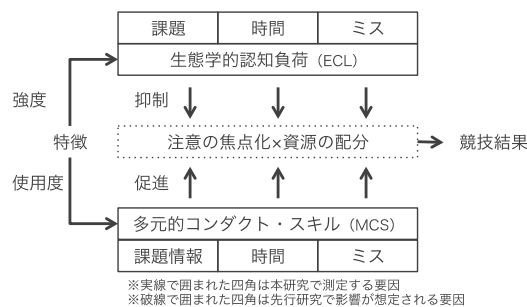


図 1 ECL と MCS に関する仮説

3. 方法

3.1. 調査対象者と方法

①調査対象者：第 55 回技能五輪（2017 年 11 月開催）の情報ネットワーク施工職種に出場した全選手 24 名であった。本職種は、情報ネットワークの基盤を構築する技

能を競うもので、上位入賞のためには、課題を正確に理解し構築する技能、時間内に正確に終えるための技能及び幅広い作業を行うための多能工的技能が求められる^[1]。
 ②測定項目の作成：生態学的認知負荷、及び多元的コンダクト・スキルを測定する項目を、先行研究を参考に作成した^[1,2,7]。まず生態学的認知負荷（ECL）の測定項目について述べる。課題負荷は、文献 [2] より課題内在負荷を構成する作業要素と作業工程の量（1.少ない～5.多い）、複雑さと全体的な難易度（1.低い～5.高い）について、5段階評価を求めた。時間負荷（時間的な余裕がないと感じている等）とミス負荷（起こった作業ミスの原因がわからない等）は、文献 [1]、及び [7] を参考に作成し、それぞれの強度を5段階評価で求めた（1.低い～5.高い）。次に、多元的コンダクト・スキル（MCS）の測定項目について述べる。文献 [2] 及び [7] を参考に、課題情報制御（作業スピードとその正確さのバランスをコントロールする等）、時間制御（あらかじめ決めた作業段階で、経過時間や残り時間を確認する等）、ミス制御（作業ミスの原因を、過去に経験したパターンに当てはめて分析する等）の測定項目を作成し、それぞれの使用度を5段階評価（1.全くそうしない～5.常にそうする）で求めた。測定項目は、まず筆頭著者が上記のプロセスで作成し、その後、職種の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、項目の表現を調整した。さらに、技能五輪出場経験がある当該職種の指導者に項目内容の可読性、了解可能性、回答難易度について確認し、問題無いとの回答を得た。以上の過程を経て、ECL（16項目）、並びにMCS（26項目）の測定項目を作成した。

3.2. 調査手続き

調査票の構成、及び調査期間について述べる。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.)^[15]で作成し、対象者に URL を通知して各自に回答を求めた。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、同意を得た。

調査項目は、「A.作業中の行動、B 作業中の時間、C 作業中のミス、E 競技課題」の順で示した（本調査と別の調査で分析するデータの収集を目的に、「D.ネガティブ感情への対処」についても回答を求めた）。それぞれ回答に際して、以下の教示文を冒頭に示した。「ここ最近（1ヶ月程度）に行った技能五輪本番と同様の競技課題の[]についてお聞きます。以下の項目を読み、あなたの[経

験・行動]に当てはまるものを選択してください」.[]には、「A.作業中の行動、B 作業中の時間、C 作業中のミス、D 作業中のネガティブ感情、E 競技課題」を、それぞれ示した。[経験・行動]箇所は、負荷系の測定に対する教示では「経験」を、コンダクト・スキル系の測定に対する教示では「行動」を、それぞれ示した。対象者に URL を通知して各自に回答を求めた。

調査期間は、2017年9月末から2017年11月中旬までの2ヶ月間であった。期間内に全24選手が回答した。

4. 分析結果と仮説の検証

分析は以下の図2のフローで行った。仮説1を検証する目的で、生態学的認知負荷（ECL）と多元的コンダクト・スキル（MCS）の相関分析を行った。次に、仮説2～4を検証する目的で、選手をパフォーマンス別に3群に分け、ECL及びMCSの測定項目を対象として、比較分析を実施した。比較分析では、ECLで強度の高い項目、MCSで使用度の高い項目を抽出し、ベン図に整理して整合度を算出して、群間の差を検討した。なお、差の比較について検定力分析を行った結果、効果量大（ $d=.80$ ）の場合でも、十分な検定力（.80）を得られる $n(25.52)$ を確保していないため統計的分析は行わなかった。

4.1. 相関分析

相関分析では、まず天井効果を示した項目（23,30）を削除した。次に、課題負荷5項目、時間負荷4項目、ミス負荷6項目、課題情報制御14項目、時間制御5項目、ミス制御6項目について、各変数の内的一貫性を確認したところ、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、時間負荷、時間制御の α 係数に問題が見られた（それぞれ $\alpha=.42, .60$ ）ため、時間負荷で1項目（23）、時間制御で2項目（28,33）を削除し、内的一貫性の向上を図った。その結果、十分な α 係数を得られた。その後、各変数間の相関係数を算出した（表1）。

ECLでは、表1が示す通り、課題負荷が時間負荷、ミス負荷と中程度の相関（ $r=.300$ 以上）を示した。また、時間負荷とミス負荷は高い相関（ $r=.500$ 以上）を示した。これらの結果は、ECL同士が相互に関連していることを示している。次に、MCSについては、表1が示す通り、課題情報制御が時間制御、ミス制御とそれぞれ中程度の相関を示した。また、時間制御とミス制御も中程度の相関を示した。これらの結果は、MCSも、ECLと同様に相互に関連していることを示している。最後に、ECLとMCSについては、時間負荷と課題情報制御、時間制御、ミス制御が負の相関を示し、課題情報制御とミス制御は、

表1 ECLとMCSの記述統計, α , 相関係数

| 変数名 | M | SD | α | 課題負荷 | 時間負荷 | ミス負荷 | 課題情報制御 | 時間制御 | ミス制御 |
|--------|------|------|----------|---------|----------|----------|---------|--------|-------|
| ECL | | | | 1.000 | | | | | |
| 課題負荷 | 3.82 | 0.64 | .837 | | | | | | |
| 時間負荷 | 3.38 | 0.72 | .757 | .442 * | | | | | |
| ミス負荷 | 2.95 | 0.57 | .738 | .622 ** | .766 ** | | | | |
| MCS | | | | | | | 1.000 | | |
| 課題情報制御 | 3.55 | 0.62 | .884 | -.284 | -.727 ** | -.586 ** | | | |
| 時間制御 | 2.82 | 0.86 | .712 | -.068 | -.467 * | -.323 | .579 ** | | 1.000 |
| ミス制御 | 3.42 | 0.65 | .768 | -.232 | -.742 ** | -.562 ** | .640 ** | .499 * | 1.000 |

* $p<.05$
** $p<.01$

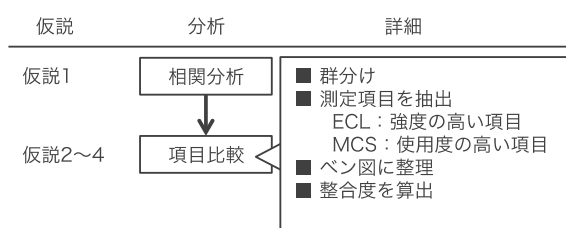


図2 分析のフロー

表 2 ECL の測定項目における記述統計

| ECL No. | 項目名 | | 非 | 入 | 上 |
|----------|----------------------------|----------|--------------------|------|------|
| 課題 負荷 | 56 要素の量 | M | 3.83 | 3.33 | 3.83 |
| | | SD | 0.83 | 0.52 | 0.98 |
| | | | 3.83 | 3.33 | 4.50 |
| | 57 工程の量 | M | 3.83 | 3.33 | 4.50 |
| | | SD | 0.72 | 0.52 | 0.55 |
| | | | 3.92 | 3.17 | 3.17 |
| | 58 要素の複雑さ | M | 3.92 | 3.17 | 3.17 |
| | | SD | 1.00 | 0.75 | 0.98 |
| | | | 4.08 | 3.50 | 3.33 |
| | 59 工程の複雑さ | M | 4.08 | 3.50 | 3.33 |
| | | SD | 0.79 | 0.55 | 1.03 |
| | | | 4.42 | 3.50 | 4.50 |
| | 60 全体的な難易度 | M | 4.42 | 3.50 | 4.50 |
| | | SD | 0.67 | 0.55 | 0.55 |
| | | 時間 負荷 | 23 時間的な余裕がないと感じている | M | 4.08 |
| SD | 1.38 | | | 1.33 | 1.17 |
| | 3.75 | | | 2.67 | 3.17 |
| | 24 予定した作業時間と実際の作業時間が大きくずれる | M | 3.75 | 2.67 | 3.17 |
| | | SD | 0.75 | 0.82 | 0.75 |
| | | | 2.17 | 2.67 | 2.67 |
| | 25 作全体の進捗状況が想定以上に速くなる | M | 2.17 | 2.67 | 2.67 |
| | | SD | 0.83 | 0.82 | 0.82 |
| | | | 3.58 | 2.83 | 3.00 |
| | 26 作全体の進捗状況が想定以上に遅くなる | M | 3.58 | 2.83 | 3.00 |
| | | SD | 0.79 | 0.98 | 1.10 |
| | | | 3.83 | 3.00 | 3.50 |
| | 27 作業ミスへの対処に想定以上の時間がかかる | M | 3.83 | 3.00 | 3.50 |
| | | SD | 0.58 | 0.89 | 1.05 |
| | | ミス 負荷 | 35 予想外の作業ミスが起こる | M | 3.83 |
| SD | 0.39 | | | 0.98 | 0.63 |
| | 3.67 | | | 2.83 | 3.00 |
| | 36 後になってから作業ミスに気づく | M | 3.67 | 2.83 | 3.00 |
| | | SD | 0.78 | 0.75 | 0.63 |
| | | | 3.00 | 1.83 | 1.83 |
| | 37 起こった作業ミスの原因がわからない | M | 3.00 | 1.83 | 1.83 |
| | | SD | 1.04 | 0.75 | 0.75 |
| | | | 3.08 | 2.33 | 2.83 |
| | 38 対処の仕方がすぐに思い浮かばない | M | 3.08 | 2.33 | 2.83 |
| | | SD | 1.00 | 0.52 | 0.98 |
| | | | 2.75 | 2.33 | 2.67 |
| | 39 いくつか対処方法を試しても解決しない | M | 2.75 | 2.33 | 2.67 |
| | | SD | 0.62 | 1.03 | 0.82 |
| | | | 3.42 | 2.50 | 3.00 |
| | 40 1つの作業ミスが別の作業ミスにつながる | M | 3.42 | 2.50 | 3.00 |
| | | SD | 0.79 | 0.84 | 0.89 |

※非=非入賞選手、入=入賞選手、上=上位入賞選手
 ■=平均値が4以上（高強度/高使用度）の項目
 ■=平均値が3未満（低強度/低使用度）の項目
 ■=平均値が3以上4未満の項目

時間負荷と高い負の相関を示した。また、ミス負荷と課題情報制御、ミス制御は中程度の負の相関係数を示した。一方、課題負荷は、制御と相関係数が低く ($r=.100$ 以上)、統計的に有意ではなかった。以上の結果から、ECL と MCS は、各要因が相互に関連すること、ECL と MCS は相反関係、すなわち時間負荷とミス負荷が低いほど MCS は高く、時間負荷とミス負荷が高いほど MCS は低い関係にあることが示された。

4.2. 生態学的認知負荷及び多元的コンダクト・スキル測定項目の比較検討

4.2.1. 分析の目的と対象の項目

ECL の課題負荷、時間負荷、ミス負荷、並びに MCS の課題情報制御、時間制御、ミス制御が選手のパフォーマンスから見た熟達度でどう異なるかを検討する目的で、それらを構成する測定項目を対象に、比較分析を行った。まず、競技結果別に、以下の通り選手を群分けした。

- ・ 非入賞選手 (12 名, 訓練年数: $M=1.25, SD=0.45$)
- ・ 入賞選手 (6 名, 訓練年数: $M=2.17, SD=1.17$)
- ・ 上位入賞選手 (6 名, 訓練年数: $M=1.83, SD=0.75$)

各群の特徴を整理すると、非入賞選手の平均訓練年数はほぼ 1 年以内であったが、入賞選手と上位入賞選手は平均訓練年数が 2 年前後と、大きな差は見られなかった。

表 3 MCS の測定項目における記述統計

| MCS No. | 項目名 | | 非 | 入 | 上 |
|----------------|--|----|------|------|------|
| 課題 情報 制御 | 8 大会会場のような慣れない場所でも、訓練中と同じ感覚を持てるよう準備する | M | 3.67 | 4.00 | 3.67 |
| | | SD | 0.98 | 1.26 | 1.03 |
| | | | 3.58 | 4.17 | 3.67 |
| | 9 作業の段取りを、詳しく計画する | M | 3.58 | 4.17 | 3.67 |
| | | SD | 0.90 | 1.17 | 1.03 |
| | | | 3.33 | 3.83 | 3.83 |
| | 10 与えられた競技課題がどのくらいの難易度かを、客観的に評価する | M | 3.33 | 3.83 | 3.83 |
| | | SD | 0.78 | 1.33 | 0.41 |
| | | | 3.17 | 3.67 | 2.67 |
| | 11 どの場面でもいつも集中が低下するかを予測する | M | 3.17 | 3.67 | 2.67 |
| | | SD | 1.11 | 1.51 | 1.03 |
| | | | 3.25 | 4.33 | 3.83 |
| | 12 取り組んだことのない課題においても訓練で習得した方法を用いて、作業手順を構成する | M | 3.25 | 4.33 | 3.83 |
| | | SD | 0.75 | 0.52 | 0.75 |
| | | | 3.17 | 3.83 | 4.00 |
| | 13 定めた作業工程ごとに、完成度 (品質など) を確かめる | M | 3.17 | 3.83 | 4.00 |
| | | SD | 0.94 | 0.98 | 0.63 |
| | | | 3.33 | 4.17 | 4.50 |
| | 14 全体のすべき作業のうち、現在、何をどのように進めているかを把握する | M | 3.33 | 4.17 | 4.50 |
| | | SD | 0.78 | 1.17 | 0.55 |
| | | | 3.17 | 3.50 | 4.00 |
| | 15 作業スピードとその正確さのバランスをコントロールする | M | 3.17 | 3.50 | 4.00 |
| | | SD | 0.94 | 0.84 | 0.63 |
| | | | 3.08 | 3.67 | 4.67 |
| | 16 情報や現状を理解しやすくするために、指を動かしたり声を出したりする | M | 3.08 | 3.67 | 4.67 |
| | | SD | 1.00 | 1.21 | 0.52 |
| | | | 3.42 | 3.50 | 3.50 |
| | 17 いま何に集中すべきかを、判断する | M | 3.42 | 3.50 | 3.50 |
| | | SD | 0.90 | 1.38 | 0.55 |
| | | | 3.50 | 4.17 | 3.50 |
| | 18 作業とは直接関係のないことが気になっても、目の前の作業に意識を切り替える | M | 3.50 | 4.17 | 3.50 |
| | | SD | 1.09 | 0.75 | 1.05 |
| | | | 3.33 | 4.33 | 3.33 |
| | 19 現在の作業で考えるべき点と、考えなくてもよい点を区別する | M | 3.33 | 4.33 | 3.33 |
| | | SD | 0.78 | 0.82 | 1.03 |
| | | | 3.33 | 3.83 | 3.33 |
| | 20 作業への集中が途切れた場合、再び集中できるよう様々な方法を試みる | M | 3.33 | 3.83 | 3.33 |
| | | SD | 0.78 | 0.98 | 1.21 |
| | | | 2.92 | 3.00 | 3.67 |
| | 21 作業に応じて集中力を高めたり、抑えたりする | M | 2.92 | 3.00 | 3.67 |
| | | SD | 1.00 | 1.41 | 0.52 |
| | | | 3.58 | 4.50 | 4.00 |
| 時間 制御 | 28 競技課題の難易度に応じて、所定作業時間を見積もる | M | 3.58 | 4.50 | 4.00 |
| | | SD | 0.67 | 0.84 | 0.63 |
| | | | 3.25 | 3.33 | 4.33 |
| | 29 遅れても大丈夫な時間の範囲を、具体的に設定する | M | 3.25 | 3.33 | 4.33 |
| | | SD | 1.06 | 1.51 | 0.82 |
| | | | 4.08 | 4.67 | 4.17 |
| | 30 あらかじめ決めた作業段階で、経過時間や残り時間を確認する | M | 4.08 | 4.67 | 4.17 |
| | | SD | 0.79 | 0.52 | 0.98 |
| | | | 1.67 | 1.33 | 2.17 |
| | 31 必要以上に速く作業を進めないよう、コントロールする | M | 1.67 | 1.33 | 2.17 |
| | | SD | 0.78 | 0.82 | 0.98 |
| | | | 3.08 | 3.00 | 3.67 |
| | 32 遅れの時間が許容範囲かすぐにわかるように工夫する | M | 3.08 | 3.00 | 3.67 |
| | | SD | 1.31 | 0.89 | 1.21 |
| | | | 3.67 | 3.50 | 4.00 |
| | 33 想定時間よりも遅れている場合、残りの作業に必要な時間を計算して一部の作業を省略する | M | 3.67 | 3.50 | 4.00 |
| | | SD | 0.89 | 1.05 | 0.63 |
| | | | 2.83 | 4.33 | 3.00 |
| ミス 制御 | 41 作業ミスをした時点で、どのくらい作業完了が遅くなるかを予測する | M | 2.83 | 4.33 | 3.00 |
| | | SD | 1.03 | 0.82 | 1.55 |
| | | | 3.33 | 3.50 | 3.50 |
| | 42 作業ミスが全体に与える影響の大きさを評価する | M | 3.33 | 3.50 | 3.50 |
| | | SD | 1.15 | 1.38 | 0.84 |
| | | | 3.33 | 4.33 | 3.67 |
| | 43 作業ミスの原因を、過去に経験したパターンに当てはめて分析する | M | 3.33 | 4.33 | 3.67 |
| | | SD | 0.65 | 0.82 | 0.82 |
| | | | 3.25 | 4.50 | 3.83 |
| | 44 予想外の作業ミスが生じた場合を、経験済みの作業ミスから対処法を想定する | M | 3.25 | 4.50 | 3.83 |
| | | SD | 0.75 | 0.55 | 0.75 |
| | | | 3.67 | 3.33 | 3.33 |
| | 45 作業ミスには、あらかじめ想定した手順で作業ミスに対処する | M | 3.67 | 3.33 | 3.33 |
| | | SD | 0.65 | 0.52 | 0.52 |
| | | | 2.92 | 3.17 | 2.83 |
| | 46 作業ミスの対処にどのくらい時間が必要かを、詳しく検討する | M | 2.92 | 3.17 | 2.83 |
| | | SD | 0.90 | 1.17 | 1.17 |

続いて、各群の特徴を比較する目的で、ECL16 項目 (課題負荷 5, 時間負荷 5, ミス負荷 6), MCS の 26 項目 (課題情報制御 14, 時間制御 6, ミス制御 6) を分析対象とし (4.1 項において除外された項目も、項目自体の特徴を検討する目的から、分析に含めた)、閾値を設定して得点の高い項目及び低い項目を選別した。まず 3 群ごとに、ECL と MCS の測定項目について平均値、及び標準偏差を算出した (表 2, 3)。次に、測定項目の中で、5 段階階

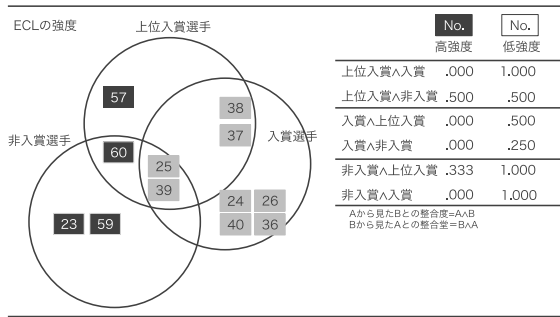


図3 ECLの高強度/低強度項目のベン図

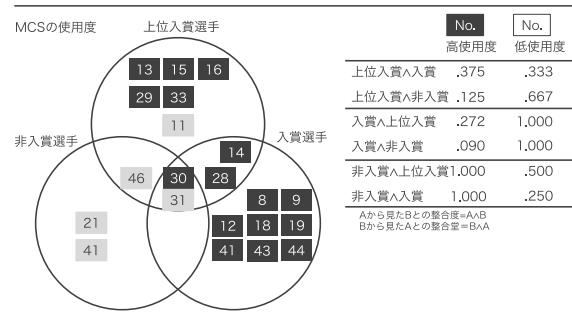


図4 MCSの高使用度/低使用度項目のベン図

定における「4.よくある (ECL 項目) 並びに「4.よくそうする (MCS 項目)」を閾値と設定し、それらを超える平均値を示した項目を、「高強度」、「高使用度」とした。次に、5 段階評定における「2.あまりない (ECL 項目)」並びに「2.あまりしない (MCS)」を閾値とし、平均値が 3 以下の項目を、「低強度」、「低使用度」とした (表 2, 3)。

4.2.2. 3 群のベン図整理と比較分析

3 群ごとに高強度/低強度の ECL 及び高使用度/低使用度の MCS をベン図に整理した (図 3, 4. 図中の数字は項目番号を示す)。入賞選手に上位入賞選手を含めた入賞集合と、非入賞集合に選手を分類し、ECL の高強度/低強度を及び MCS の高使用度/低使用度を比較した。次に、入賞集合を上位入賞群と入賞群に分け、ECL と MCS を同様に比較した。

ECL の高強度/低強度について比較した。高強度では、入賞集合が、課題負荷 2 項目で高強度を示した。非入賞集合は 3 項目で高強度を示した。次に ECL の低強度の項目は、入賞集合は 8 項目、非入賞集合は 2 項目であった。入賞集合、非入賞集合に共通する項目は高強度で 1、低強度で 2 であった。

MCS の高使用度/低使用度について比較した。その結果、入賞集合では 16 項目で高使用度を示したが、非入賞集合では 1 項目であった。低使用度の項目について比較したところ、入賞集合は 3 項目、非入賞集合では 4 項目であった。両集合に共通する項目は高使用度が 1 で、低使用度が 2 であった。

入賞集合を上位入賞選手と入賞選手に群分けし、ECL と MCS を比較した。ECL では、上位入賞選手は課題負荷 2 項目が高強度であったが、入賞選手は高強度の項目がなかった。低強度の項目では、上位入賞選手は 4 項目、入賞選手は 8 項目であった。

高使用度の MCS を比較した結果、上位入賞選手は 8 項目、入賞選手は 11 項目が高強度であった。それぞれの内訳を確認すると、課題情報制御は上位入賞選手で 4 項目、入賞選手で 6 項目が高強度だった。時間制御は上位入賞選手で 4 項目、入賞選手で 2 項目が高強度だった。ミス制御は、上位入賞選手で 0 項目、入賞選手で 3 項目が高強度だった。低使用度の MCS は、上位入賞選手で 3 項目、入賞選手で 1 項目であった。

上位入賞、入賞、非入賞の各選手の ECL と MCS の特

徴及び異同を整理するために、整合度を算出した。整合度の高低に注目すると、ECL では、低強度の上位入賞選手と入賞選手との整合度は 1.000 であり、完全一致した。一方、入賞選手と上位入賞選手の整合度は .500 であり、入賞選手のみ強度の低い負荷が存在した。MCS では、No.30 (時間制御) のみ 3 群に共通して高使用度であり、No.14 (課題情報制御) と No.28 (時間制御) が上位入賞選手と入賞選手で共通しているが、その他は低い整合度を示した (.375, .272)。低使用度でも、整合度は高い値を示さなかった (.333)。以上の結果から、非入賞選手は一般的に MCS の使用度が高くないこと、上位入賞選手と入賞選手は使用度の高い MCS を持つが、両群の整合度は低く、その特徴は異なることが示された。

4.3. 仮説の検証

仮説 1 の検証を目的に、4.1 項で、ECL を構成する課題負荷、時間負荷、ミス負荷と、MCS を構成する課題情報制御、時間制御、ミス制御を対象に、相関分析を行った (表 1)。その結果、時間負荷、ミス負荷と課題情報制御、時間制御、ミス制御は中程度の負の相関を示した。一方、課題負荷と課題情報制御に相関は見られなかった。従って、仮説 1 は部分的に支持された。

仮説 2 及び 3 を検証する目的で、4.2 項において、まず選手を入賞集合と非入賞集合に分割して ECL と MCS の特徴を比較した。その結果、非入賞集合の選手は課題負荷と時間負荷において高強度の項目を示す一方 (図 3)、高使用度の MCS は 1 項目のみであった (図 4)。従って、「パフォーマンスの低い選手は、ECL が高く、MCS を使用しない」とする仮説 2 は支持された。また、入賞集合では、課題負荷 2 項目で高強度を示すものの、低強度の負荷が 8 項目あったこと (図 3)、MCS において 16 項目で高使用度を示したことから (図 4)、「パフォーマンスの高い選手は、ECL の強度が低く、MCS の使用度が高い」とする仮説 3 は支持された。

仮説 4 を検証する目的で、4.2 項において、入賞集合を上位入賞選手と入賞選手に分け、両者の ECL と MCS を比較した。その結果、上位入賞選手は、課題負荷で高強度が 2 項目あり入賞選手よりも多く (図 3)、かつ、高使用度の MCS は 8 項目と (図 4)、入賞選手よりも少なかった。また、両者の共通性を示す整合度を比較したところ、低強度の ECL においては 1.000 と高い値を示したが

(図3), 高強度の ECL, 及び高使用度/低使用度の MCS については, 整合度が低かった(図4). 従って, パフォーマンスによって使用する MCS の種類や数が異なるとする仮説4は支持されたと考えられる.

5. 考察

選手をパフォーマンス, すなわち競技結果別に上位入賞, 入賞, 非入賞と分類し, 生態学的認知負荷 (ECL) 及び多元的コンダクト・スキル (MCS) の特徴を考察する. その際, 選手がどのように必要な情報の処理に焦点化し, 注意資源 (WM 等), 及び時間資源 (利用可能な時間等) を配分するかに注目する. その後, MCS 習得を指導する訓練について, 上位入賞選手に特徴的な MCS を例示し, 習得までの3段階プロセスと, 上位段階へのステップ・アップを補助する足場について述べる(図5).

5.1. 良い競技結果と多元的コンダクト・スキル

上位入賞選手と入賞選手の訓練年数は2年程度とほぼ同じであり(4.2.1.項), 経験の長さ起因する熟達度は, 同程度と考えられる. 熟達度が同程度にも関わらず競技結果に違いが生じる理由を, 両選手の ECL と MCS が示した共通性, 独自性(4.2.2.項)に基づき考察する.

両者の共通性に注目すると, 時間資源の見積もり (No.28, 以下, カッコ内の数字は項目番号を示す) や作業の進捗管理 (14) が高使用度だった. しかしそれ以外の MCS で, 両者は独自の特徴を示した. すなわち, 上位入賞選手は, 多くの工程に取り組む点(図3)で課題負荷が高強度であり, その完成度を維持する為に, 品質を定期的にアセスメントする (13) 等を行ったと考えられる. また, 「想定時間よりも遅れている場合, 残りの作業に必要な時間を計算して一部の作業を省略」(33) し, 資源不足を補填したと考えられる. また, 「情報や現状を理解しやすくするために, 指を動かしたり声を出したりする」(16) ことで, 作業遂行のために必要な情報の入力を効率的かつ効果的に行い, 「作業スピードとその正確さのバランスをコントロール」(15) して, 作業の加減速に伴う資源損失を最小限にしつつ, 速度と精度を両立したと推察される. 上位入賞選手は, こうした MCS の特徴を考慮すると, 資源消費を抑制し, 必要に応じて利用可能な資源を生成して, 完成度の向上に重要と考えられる情報処理にそれらを配分し, 完成度を追求していると考えられる. つまり, 緻密な資源マネジメントを行って完成度の高さを追求している.

一方, 入賞選手の MCS は, 資源マネジメントを行う点では共通するが, 注意焦点の捕捉回避や作業ミスの回避を重視する一方(4.2.2.項), 完成度を追求するような資源の配分をあまり行わない点が独自である. 具体的には, 「取り組んだことのない課題においても訓練で習得した方法を用いて, 作業手順を構成する」(12) 等の作業の段取りや手順の構築, 「大会会場のような慣れない場所でも, 訓練中と同じ感覚を持てるよう準備する」(8) 注意

捕捉の回避の使用度が高かった. 時間負荷及びミス負荷と時間制御, 及びミス制御は負の相関があるため(4.1.項), MCS がそれらの負荷の軽減に寄与した可能性がある. その結果, 資源に他のタスクに利用可能な余裕がある程度生じたと推察される. しかし, 「想定時間よりも遅れている場合, 残りの作業に必要な時間を計算して一部の作業を省略」(33) 等の使用度はそれほど高くないため, 利用可能な資源を, 完成度の向上等に配分しなかった可能性がある. つまり, 入賞選手は資源の損失回避を重視し, 実現していれば, MCS 使用の目標を達成していると判断し, 利用可能な資源が存在しても, 不測の資源損失を回避する等を目的に, 留保するものと推察される.

5.2. 上位入賞選手, 入賞選手, 非入賞選手の特徴

(1) 上位入賞選手は高速・高精度追求を重視

5.1.項で述べた通り, 上位入賞選手は, 作業全体を俯瞰し, 完成度を向上させるために資源の損失を最小化し, かつ緻密な資源マネジメントと高速・高精度の作業追求に大きな関心を持つ. こうした関心は, 焦点化すべきタスク, 配分すべき資源やその損失が許容される範囲を制御する MCS (8項目) 使用で特徴づけられる(図4).

課題負荷における工程量と難易度が高強度だが, 低強度は時間負荷で1項目, ミス負荷で3項目だった(図3). つまり, 時間資源の損失は起こり得るが, 作業ミスによる損失は起こりにくい. 課題負荷の一部が高強度の理由として, 上位入賞の獲得に高い完成度を求められることが関連すると推察される. 高い完成度の実現には処理タスク量の増加に伴うため工程量が増加する. かつ他群の選手と同じ制限時間で行わなければならないため, 相対的に難易度が増加する.

MCS については, 以下のような特徴がみられた.

- 課題情報制御では情報インプットの効率を高める (16).
- 計画を元に作業の速度と精度をハンドリングする (15).
- 時間制御では時間資源が不足した場合に適切な量の資源を生成し分割する (33).
- 高使用度のミス制御は見られない.

こうした MCS の特徴から, 上位入賞選手は作業全体を俯瞰するメタ認知的な視点を持ち, 高い完成度を得るために, 注意を焦点化すべきタスク, 配分すべき資源の量, 許容される損失の範囲やその補填方法を習得していると考えられる. 言い換えれば, 上位入賞選手の特徴は, 「高速・高精度追求」を重視するものと言えるだろう.

(2) 入賞選手はダメージ・コントロールを重視

5.1.項で述べたとおり, 入賞選手は, 資源の損失を最小化し, 制限時間内に競技を終えることに関心を持つ. こうした関心は, 高強度の ECL が無いこと, 低強度は時間負荷3項目, ミス負荷5項目であったこと(図2), MCS では, 注意・時間資源の損失回避を意図する項目を中心に, 11項目が高使用度だったこと(図3)で特徴づけら

| | 非入賞選手 | 入賞選手 | 上位入賞選手 |
|---------|--|---|---|
| ■ 特徴 | <input type="checkbox"/> 納期最優先 | <input type="checkbox"/> ダメージ・コントロール | <input type="checkbox"/> 高速・高精度追求 |
| ■ 関心 | <input type="checkbox"/> 制限時間内の完了 | <input type="checkbox"/> 制限時間内の完了 <input type="checkbox"/> 資源損失や注意捕捉の回避 | <input type="checkbox"/> 制限時間内の完了 <input type="checkbox"/> 資源損失や注意捕捉の回避 <input type="checkbox"/> 完成度向上のための緻密な資源マネジメント |
| ■ 主なMCS | <input type="checkbox"/> 作業中の決まった段階で時間確認 | <input type="checkbox"/> 作業中の決まった段階で時間確認 <input type="checkbox"/> 競技と無関連な要素の影響を抑制 <input type="checkbox"/> 必要な時間資源量を見積もり <input type="checkbox"/> ミスの認識と対処選択の効率化 | <input type="checkbox"/> 作業中の決まった段階で時間確認 <input type="checkbox"/> 必要な時間資源量を見積もり <input type="checkbox"/> 情報インプット効率を高める <input type="checkbox"/> 計画を元に作業の速度と精度をハンドリング <input type="checkbox"/> 時間資源が不足した場合に適切な量の時間資源を生成し分割 |
| ▲ 足場 | | <input type="checkbox"/> 見積り×時間確認 <input type="checkbox"/> 情報インプット効率を高める 等 | <input type="checkbox"/> 見積り×時間資源の生成 <input type="checkbox"/> 情報インプット効率を高める 等 |

図5 競技結果別のECL及びMCSの特徴、関心、主なMCS及び足場

れる。入賞という完成度を得ている入賞選手は、ある程度熟達度が高いと考えられるため、領域固有知識が発達しており、情報処理を効率化する認知スキーマ形成や、職種技能等の自動化に至っていると推定される。その結果、競技課題の工程や量を処理する負荷が軽減する、時間資源に余裕が生じる、想定外の作業ミスが減少する等の可能性がある。入賞選手は競技課題の情報処理や、作業ミス等に由来する認知負荷を抑制していると考えられる。その結果、MCSに利用可能な資源を確保していると考えられ、それゆえ課題情報制御6項目、時間制御2項目、ミス制御(3項目)と多種類のMCSを使用することが出来たと考えられる。

MCSについては、以下のような特徴がみられた。

- ・ 課題情報制御では、会場に慣れ(8)、無関係な要素の影響を抑制(18,19)し注意の捕捉を回避する。
- ・ 時間制御では、時間資源を見積もり(28)、作業中の決まった段階で確認し(30)、ミスした場合にその対処に必要な時間資源を見積もる(41)。
- ・ ミス制御では、既有知識の活用(12)、ミスの認識と対処選択の効率化(43,44)を通して、ミス対処の情報処理を省資源化する。

このようなMCSの特徴から、入賞選手は、時間資源の損失を回避し(時間負荷の抑制)、もし損失が生じた場合は損失を最小化(ミス負荷の抑制)する方法を習得している。言い換えると、入賞選手の特徴は、「ダメージ・コントロール」と言えるだろう。

(3)非入賞選手は納期最優先を重視

非入賞選手は、課題量と制限時間が主な関心となっている。ECLでは、課題負荷では工程の複雑さと難易度で強度が高く、時間負荷では、時間的余裕が少ない点で強度が高かった。一方、MCSは以下の特徴があった。

- ・ 時間を確認する制御方略(30)のみ高使用度である。
- ・ それ以外に高使用度のMCSを持たない。
- ・ 作業ミスに伴う時間損失は評価しない(41,46)。

これらの特徴は、入賞選手の熟達度が関連していると考えられる。非入賞選手は、一般的に熟達度が低く、認知

スキーマの形成や職種技能の自動化が不十分等に起因し、課題の情報処理等にWMを多く奪われ、ECLの強度が高まると考えられる。ECLが強い場合、MCSの使用度が低い傾向(表1)を考慮すると、MCSに配分できる注意資源、時間資源が乏しい状況にあると推察される。

そうした資源が乏しい状況でも時間を確認する制御方略の使用度が高かった理由として、調査対象の職種では、制限時間内に未完了の場合に採点されないことが関連すると考えられる。未完了を回避すべく、非入賞選手は最低限実現すべき目標として、競技課題の時間内完了を重視し、その実現に寄与する制御方略を意識的に使用したと考えられる。その一方で、ミスに起因する時間損失を制御する方略の使用度は低いため(41,46)、作業時間の確認を重視し、時間内に作業を終えるペースを進めることのみを重視していると考えられる。言い換えると、非入賞選手の特徴は、「納期最優先」と言えるだろう。

5.3. 多元的コンダクト・スキルの習得訓練

ここまでの議論を踏まえると、良い競技結果の実現には、上位入賞選手のMCS、すなわち緻密な資源マネジメントや高速・高精度の作業を可能とするMCSの習得訓練が重要と考えられる。以下では、上位入賞選手を特徴づけるMCSを3つ取り上げ、競技結果との関連性を述べる。また、最も使用度の高かったNo.16(M=4.67)に注目し、習得訓練法を例示する。

5.3.1. 習得すべきスキルの定義

上位入賞選手に特に見られるMCSは、「情報インプット促進方略」(16)「作業スピードと正確さの制御方略」(15)「作業時間調整方略」(33)の3つを取り上げる。

「情報インプット促進方略」は、「情報や現状を理解しやすくするために、指を動かしたり声を出したりする」ものであり、次の理由で情報処理の効率的かつ効果的な遂行に資する。すなわち、視線のみで文字や図、部材等の情報を探索・入力する場合、課題負荷の多い状況等では非効率でエラーの可能性が高まると言われている。こうした状況において、多感覚の併用、つまり指や言葉な

どの視覚以外の感覚を併用すると、焦点化が促進され、関連性の低い情報に注意が捕捉されることを回避できるため、情報処理が効率化し、エラーが減少する。

「作業スピードと正確さの制御方略」は、一般的に精度を出すべき状況で速度を求めると減点が増え、速度を出すべき状況で精度を求めると時間資源の損失が増えるが、そうした損失を最小限にしつつ、高い水準の速度と精度のハンドリングを可能とする方略である。

「作業時間調整方略」は、時間遅れの範囲、及び残り作業の所要時間について詳細に把握可能し、省略すべき作業とそこで得られる時間及び省略に伴う減点といった複数の知識に基づき、それらを同時並行で情報処理し、最適な省略部分を選択する方略である。こうした同時並行処理はそれ自身が認知負荷となるため、より簡易に行うため、緻密に時間を計算せず、所要時間が明確な箇所を省略して対処することも可能である。ただ、その場合、時間資源を得られるが、完成度が大きく下がる可能性もある。上位入賞選手は、完成度を追求するために、細かな作業要素の所要時間や減点幅を記憶する等して、省略が必要な場面に直面しても、同時並行処理に要する資源を節約していると考えられる。

5.3.2. 習得度の評定および訓練の設計

MCS の訓練では、前項のように項目の具体的な内容を定義した上で、その評定段階を定める必要がある。本研究では単純な5段階評定であったが、訓練場面で、指導者が各評定段階で達成すべきことを、客観的に観察・測定可能な方法で定める必要がある。例えば No.16 の「情報インプット促進方略」を評定する場合、評定1は選手が図面や仕様書等の情報を入力する際、視線以外の手段を用いず行っている状況とする。また評定5は競技課題の全体を通して、情報入力が必要な場面において、指、口等の視線以外の感覚を併用して入力する状況とする。基準を客観的に明示することで、具体的なフィードバックが可能となり、選手が無意識に MCS を使用した場合にも指導でき、その使用度は向上すると考えられる。

また、訓練では、競技課題の一部を切り出して行う等、生態学的条件に留意することが望ましい。その理由として、MCS の使用は、領域固有知識等と連動するため、競技課題と生態学的条件の関連性が乏しい課題で実施しても、競技中の使用に汎化しない可能性があるからである。

5.3.3. 関心の転換と足場の設置

非入賞選手、入賞選手、上位入賞選手の MCS の関心と特徴 (5.1.項、及び 5.2.項) を考慮し、その習得段階を分類すると、次のようになる。すなわち、第一段階は「納期最優先」を目指し、制限時間内の作業完了に関心がある。第二段階は「ダメージ・コントロール」を目指し、資源損失の回避等に関心を持つ。第三段階は「高速・高精度追求」を目指し、完成度向上のための緻密な資源マネジメントに関心を持つ (図 5)。

特に注目すべきは、第二段階から第三段階へのステッ

プ・アップであり、ここでは関心の転換が必要となる。その理由として、第二段階の資源損失回避と第三段階の完成度向上のための緻密なマネジメントでは、作業ミスや時間損失のリスクがあるものの行うと完成度が向上するようなタスクがある場合に、選択が異なると考えられるからである。第二段階の選手は、減点や時間資源の損失回避を最優先する。時間内に終わり、かつ最小限の減点で留めることが理想的である。そのため、追加の作業を行い、加点が得られる可能性と、抑制できたはずの減点が増える可能性がある場合、損失回避を優先するため、その作業を行わない選択肢を採用すると考えられる。

一方で、第三段階の選手は、減点や時間資源の損失回避に加えて、完成度の高さを重視する。競技課題の完成度とは、制限時間内に作業を完了し、減点が最小であり、かつ加点が最大であることを意味する。完成度を高めるには次のようなことが必要である。すなわち、わずかな資源の消費も節約しつつ、精度を出すべき段階で速度を求めて減点を増やさず、かつ速度を出すべき段階で精度を求めて時間資源の損失を増やさないよう作業を精密に制御する。また、行うと完成度が高まるが制限時間内の終了が難しいかもしれないタスクがある状況では、リスクを低減させつつ、当該タスクを遂行する。それが可能なのは、作業全体を俯瞰するメタ認知的な視点を持ち、常に作業速度と精度のバランスをハンドリングしつつ

(15)、情報入力に付随する資源の浪費を抑制し、損失の許容範囲を具体的に把握して、損失が生じた場合に補填する方法を習得している (33) からと考えられる。

各段階で関心の対象が異なる点を踏まえると、上位の段階にステップ・アップする為には、その関心の達成に寄与する MCS の習得が必要である。その一方で、熟達化交互作用を考慮すると、上位入賞選手に特徴的な MCS を非入賞選手が習得しようと訓練しても、その効果は限定的と考えられる。従って、非入賞選手が次の段階にステップ・アップするには、次の段階である入賞選手と共通して使用度の高い MCS (30) を足場として、より上位の MCS 習得を目指す方法が有効である。例えば、時間制御と時間負荷は負の相関関係にあるため (表 1)、時間制御の一つである 30 の習得は時間負荷を低減させ、他の MCS に配分する資源の確保を促進し得る。No.30 は非入賞選手であっても高使用度 (表 3) なことから、No.30 自体の習得の負担はそれほど大きく無く、ステップ・アップの為の足場に適した MCS と考えられる。

6. まとめ

本研究では、技能五輪選手を高度熟達技能者と捉え、高い完成度の実現に影響する要因として、生態学的認知負荷 (ECL) と多元的コンダクト・スキル (MCS) を取り上げ、競技における両者の特徴について知見を得る目的で調査を行った。調査は、情報ネットワーク職種に出場する全選手を対象として行い、上位入賞選手、入賞選手、非入賞選手に分類して、ECL と MCS の特徴を比較

した。

その結果, 時間負荷とミス負荷は課題情報制御, 時間制御, ミス制御と負の相関を示すが, 課題負荷は課題情報制御と正の相関を示すとする仮説 1 は, 当該要因同士に負の相関関係が示されたため, 部分的に支持された。次に, 仮説 2 と 3 について検討したところ, 非入賞選手は, 課題負荷と時間負荷で強度が高く, MCS の使用が限定的であった。一方, 上位入賞選手と入賞選手は, 高強度の ECL が 2 項目と少なく, MCS では 16 項目と多種類が高使用度であった。従って, 仮説 2 と 3 は支持された。さらに, 上位入賞選手は, 作業全体を俯瞰し, 高い完成度を得るために, 焦点化すべきタスクや, 配分すべき資源の量, 損失が許容される範囲等を制御する MCS (8 項目) の使用で特徴づけられたことから, 仮説 4 は支持された。

競技結果ごとに ECL と MCS の特徴及び関心の対象を考察した結果, 非入賞選手は「納期最優先」, 入賞選手は「ダメージ・コントロール」, 上位入賞選手は「高速・高精度追求」に関心を持つこと, 上位入賞選手と入賞選手には, 「情報インプット促進方略」(16)「作業スピードと正確さの制御方略」(15)「作業時間調整方略」(33)等の MCS 使用に差異があることも示された。

また, MCS の習得を三段階の階層構造で示した。第一段階は「制限時間内の完了」を目指し, 第二段階で前者かつ「資源損失や注意捕捉の回避」, すなわち作業ミスの削減等を目指す。その上で, 第三段階で「完成度向上のための緻密なマネジメント」, すなわち可能な限り高い品質の実現を目指すプロセスを提示した (図 5)。

認知負荷や認知方略等の要因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, 「何を習得すべきか」だけではなく, 「何を指すべきか」という習得の目標についても具体的に提示した点で, 意義があると言える。本研究は情報ネットワーク施工職種を対象に行ったが, 生態学的条件が類似する他の職種においても同様の結果が得られると推察されるので, 今後 ECL や MCS の特徴, 並びにその習得プロセス等について検討していく予定である。

謝辞

本研究の一部は JPSP 科研費 16K01054 の助成を受けたものです。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] 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).
- [2] 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).
- [3] C. D. Wickens, and J. S. McCarley. : “Applied attention theory.” CRC press, (2007).
- [4] 羽田野健, 菊池拓男: 「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-」 職業能力開発研究誌, 33(1), pp.17-26, (2017).
- [5] J. Reason, and A. Hobbs. “Managing maintenance error: a practical guide.” CRC Press, 2005.(高野研監訳. 「保守事故-ヒューマンエラーの未然防止のマネジメント」 (2005)).
- [6] F. Paas, and P. Ayres: “Cognitive Load theory a broader view on the role of memory in learning and education.” Educational Psychology Review, Vol26(2), pp. 191-195, (2014).
- [7] 羽田野健, 菊池拓男: 「熟練技能者の時間負荷と対処方略に関する質的分析-」, 日本教育工学会第 32 回大会発表論文集, 573-574, (2016).
- [8] R. E. Ferner, and J. K. Aronson: "Clarification of terminology in medication errors." Drug safety 29(11), pp.1011-1022, (2006).
- [9] A. Hobbs, & A. Williamson: “Survey assesses safety attitudes of aviation maintenance personnel in Australia” Aviation Mechanics Bulletin, 48(6), pp.1-11, (2000)
- [10] K. Rubia, and A. Smith: “The neural correlates of cognitive time management; a review” Acta Neurobiol Exp, Vol. 64, pp. 329-340, (2004).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [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] 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).
- [15] <https://jp.surveymonkey.com/user/>

(原稿受付 2017/11/30, 受理 2018/6/26)

*羽田野健,
合同会社ネス, 〒110-0005 東京都台東区上野 6-1-6 御徒町グリーンハイツ 1005 号
Takeshi Hadano, NESS LLC., Okachimachi green haitsu1005 6-1-6 Ueno Taito Tokyo 110-0005.
Email: takeshi.hadano@ness-kraft.jp

*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
Faculty of Human Resources Development, Polytechnic University of Japan, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035
Email: kikuchi@uitec.ac.jp