

# スポーツ選手の知覚・認知トレーニング

Jocelyn Faubert

(モントリオール大学)

Lee Sidebottom

(CogniSens Athletics 社)

本論文は、レベルの高いスポーツ選手の知覚・認知スキルのトレーニングに対するアプローチについて述べたものである。本論文の目的は、(a) スポーツ選手がスポーツにおける視覚的場面を知覚・認知レベルにおいて最適に処理するために必要なことに関して、各種コンセプトの紹介を行い、(b) 知覚・認知トレーニングにおいて良好な成果を得るために必要な点について論じながら、スポーツ選手の知覚・認知能力をトレーニングできる可能性のある実験的方法を提示し、(c) 最高水準のスポーツ選手においてさえも知覚・認知能力はトレーニングが可能であるということを提示することである。本論文の重要な指摘は、座位又は立位という単純なテスト条件の違いが、スポーツの試合中のダイナミックな動きに似せたタスクにおけるスポーツ選手の限界速度に大きな影響を与えている可能性があるという点である。このことは、このようなレベルの高い知覚・認知の要求と姿勢コントロールに関わるメカニズムが、同じリソースを共有していることを示唆している。以下の本文において、知覚・認知トレーニングのアプローチが、スポーツ選手のトレーニングにおける不可欠な要素としていかに有用であるかを示す。論文の結論では、将来的に考えられる方向性について述べる。

キーワード：知覚・認知トレーニング、スポーツ、スポーツ選手、脳震盪、負傷

動きの激しい場面でいくつもの重要な領域に注意力を分散しながら、複雑に動くパターンを知覚・統合する——これは、試合中のスポーツ選手の脳にとって最も困難なタスクの一つである。スポーツ選手は、絶えず変化する視覚領域全体から得られた情報を統合しなければならない（つまり狭い領域だけへの注意では不十分である）。さらに、選手や物体（ボールやアイスホッケーのパックなど）の動きは、俊敏で、一定ではなく、変速的である。

これらの軌道も、方向や形状が急変するため、予測が非常に困難となる。他の物体の陰で見えないことや、視界から消えるなど、軌道の途絶や断片化も生じる。スポーツのレベルが高ければ高いほど、このような脳のタスク処理に要求されるスピードも速くなる。スポーツ選手に要求される知覚・認知処理の複雑さと速度は、本人の基本的な生理学的能力や努力にかかわらず、スポーツ選手が一流のレベルに達し、力を発揮することができるかどうかを決定する重要な要素の一つとなる可能性がある。

実際に、フットボール、ホッケー、サッカー、ラグビー、バスケットボールといったダイナミックなチームスポーツの明らかな特徴として、相手チームの複数の選手の動きに注意しながら、重要な場面では主なチームメイトの動きにも注意しなければならないという点がある。例えばディフェンダーは、ボールやパックを保持して向かってくる相手チームの攻撃選手をブロックしなければならない。その場合、ディフェンダーは、(a) 自分と他のディフェンダー間の距離を見て、空いているスペースに相手選手が飛び込んでくるかどうか、(b) 他の攻撃選手にパスを出すかどうか、(c) チームメイトが (a) または (b) のポイントでボールを奪えるかどうか、(d) パスを受け取った選手がさらにどこにパスを出すか、このような可能性を知覚して、相手選手の戦略を予想しなければならない。攻撃側は、ディフェンダーを欺き、相手の意表を突いて突破してくる。そのため、一流レベルの選手には一瞬一瞬の目標追跡に基づく知覚が必要なのである。

トップレベルの競技スポーツでは、どのように一連の刺激を知覚し、それに反応するかがきわめて重要であることが、スポーツ科学の研究によって明らかになっている (Williams, Davids, & Williams, 1999)。スキルの高いスポーツ選手は、相手の動きを予測することができ、サッカーなどのチームスポーツにおけるパターン記憶や戦略的認識力において初心者よりも優れていることがわかっている (Williams, 2000)。このような認識力は、経験に基づく特性というよりは、むしろスキルを構成する要素であると考えられている (Williams & Davids, 1995)。また、一流選手とそれ以外の選手の視覚に基づく予測能力をテストすると、プレー経験は必ずしも決定要因ではないことが示唆されている (Vaeyens, Lenoir, Williams, Mazyn, & Philippaerts, 2007)。

## 知覚・認知機能以外の全領域のトレーニング

身体的な準備やトレーニング、リハビリテーションのツール、コーチングや調整の技術は、いずれも過去 20 年間に著しく進化している。あらゆるチームスポーツで最新のパフォーマンス記録・統計分析システムが導入されており、今後さらに改良されて高度な試合戦略が練られるようになるだろう (Barris & Button 2008)。また、バイオフィードバックやニューロフィードバックを活用して脳の調整を行う技術もトレーニングの一部として採用されている。しかし、これらの技術が利用される一方で、動的知覚・認知トレーニングはプロスポーツでもまだあまり活用されていない。この点については、まだ多くの研究が行われておらず、論文も少ないが、知覚・認知能力が優れたパフォーマンス全般に不可欠であり、トレーニング可能である点を指摘し、動的場面の高度な視覚処理を可能にする調整の必要性や、その実用化について検討する余地のあることを提案したい。

トレーニングは、視覚能力が低い場合に行えば十分であるという考えも多いが、それは誤った考えである可能性が高い。両眼視、視野の広さ、その他の視覚モダリティを含め、視覚能力の高さは当然ながらきわめて重要である。しかし、複雑な動的場面において脳に要求される処理と視覚能力を混同するべきではない。スポーツ界に採用された古典的なトレーニング方法の一つに、周辺視野で点滅するライトに対する反応時間を高めるトレーニングがある (Wood & Abernethy, 1997)。このトレーニングは、周辺視野で点滅するライトに反射的に反応する能力を高めるうえでは有効かもしれないが、要求される視覚処理能力はきわめて低い。動体視を研究する専門家は、静止状態の光の点滅を感知して、それに反応するのに必要な能力 (時間的処理) は、動的視覚場面において複雑な動きの処理に要求される能力とは大きく異なると指摘している (Blaser & Sperling, 2008)。スポーツ科学の研究によって、前者は一流のスポーツ選手と初心者との違いを決定づける要因にはなっていないが、後者は明らかにその違いを決定づける要因になっていること (Mori, Ohtani, & Imanaka, 2002)、またスポーツのパフォーマンス向上のための視覚機能トレーニングは全般的に根拠に乏しいことが明らかになっている (Starkes & Anderson, 2003)。むしろ、トップレベルのスポーツ選手を特徴づけているのは、適切な知覚手がかりの処理能力や高度な探索戦略である可能性がある。この可能性は、サッカー選手の認知機能視覚システムに関するメタアナリシスによってすでに指摘されている (Mann, Williams, Ward, & Janelle, 2007)。また Garland and Barry (1990) は、さらに進んで、スポーツ選手のパフォーマンスを高めるのは

知覚・認知能力であると指摘している。過去の研究は、知覚・認知能力と優れた能力を説得力のある方法で関連付けているが、知覚・認知機能の改善が実際に優秀なパフォーマンスの要因となることを証明した研究はない。スポーツ科学のなかでも比較的新しい分野であることや、効果を測定するための関連トレーニングの実施が困難であることなどが原因であるかもしれないが、スポーツ選手のパフォーマンス向上のために知覚・認知機能を改善する取り組みは、さらなる実証的研究によってこの関係性が明確になるまで、現時点では試験的なものとみなす必要がある。

## 脳の可塑性と調節

ここまで、知覚・認知能力が複雑な視覚情報の高度な処理であることについて概要を解説し、スポーツ全般、また一流レベルにおいて、それが果たす役割の可能性について述べた。ここでトップクラスのチームスポーツにおいて近年実施されているトレーニング方法の解説に移る前に、一つの疑問がある。これらの能力はトレーニング可能なのかという疑問である。神経科学の研究では、能力はトレーニングによって高められること、また脳が高い可塑性を持つことが示唆されている (Mahncke and colleagues, 2006)。すなわち、新しい能力を学習するとき (Draganski & May 2008)、あるいは新しい脳神経系が損傷した脳組織に置き換わる時には (Bridge, Thomas, Jbabdi, & Cowey, 2008)、神経組織や神経系の再編成が確認できる。脳画像を使用した研究では、失われた感覚を補うために神経系の完全な再編成が生じること (Kupers, Chebat, Madsen, Paulson, & Ptito, 2010) や、トレーニング後に神経系の再編成が確認できたことが示されている (Ma et al., 2010)。

## 知覚・認知トレーニング

ここで提案する知覚・認知トレーニングプログラムには、最適のトレーニング条件を反映することを前提とした 4 つの特徴がある。(a) 研究論文において「複数オブジェクト追跡 (MOT) (Cavanagh & Alvarez, 2005)」と呼ばれる独立した複数の動的要素に対する分散的な注意力、(b) 広い視野、(c) 限界速度、(d) 立体知覚 (両眼立体情報) である。最初にタスク内容について解説し、そのうえで上記の個々の要素について詳述する。

図 1 は、ある知覚・認知タスクの主な段階を示したものである。最初に、3D 仮想立体空間にあらかじめ決められた数の球体（通常は 8 個）が表示される（図 1a）。球体は通常すべて同じ形をしており、そのうち一部の球体（通常は 4 個）が 1 秒間だけ強調される（この場合は光の輪で囲む、図 1b）。その後、球体はもとの色に戻り、限定的な 3D 仮想空間内を移動し始める。この動きのあいだ、球体は衝突しあって不意に方向を変えたり、他の球体と交差して見えなくなったりする（図 1c）。最後に、規定の時間が経過したら球体は動きを停止する（図 1d）。被験者は、どの球体が最初に光の輪で強調された球体であるかを答えなければならない。回答をすると、次に正しい球体が表示され、被験者の答えに対するフィードバックが行われる（図 1e）。タスクはあらかじめ決められた速度で開始するが、4 個の球体すべてを正確に答えられない場合には、速度が遅くなる。4 個の球体すべてを正確に答えられた場合には、速度が速くなる。このように階段状に難易度をあげてタスクを繰り返すことによって、最終的に限界速度が確立される（Levitt, 1971）。

## MOT

MOT タスクは、人間が複数の対象物をどのように追跡しているかを明らかにするために、Pylyshyn and colleagues（Pylyshyn, 1994; Pylyshyn & Storm, 1988）によって最初に行われた。一般的な MOT タスクにおいて被験者は、動的場面において、あらかじめ選択された一部の対象物だけに集中しつづけるように指示される。その動的場面においては、あらゆる対象物が、ぶつかりあって跳ね返ったり、重なって見えなくなったりしながら、相互に作用しあっている。当初の研究は、複数の対象物が個別の指標を有するという FINST 理論（FINgers of INSTantiation）を証明するために行われたものであったが（Pylyshyn, 1991）、最近ではこのような情報の処理には複数の対象物への注意メカニズムが必要であるという説が広く提唱されている（Cavanagh & Alvarez, 2005）。この能力の基礎となるメカニズムが何であるにせよ、複数の対象物（選手およびボールまたはパックなど）を追跡する能力は、スポーツにおいて、また特にチームスポーツにおいて必要な能力である。図 2 は、ある試合状況におけるサッカーのゴールキーパーの視点を示したものだ。キーパーは、試合中にボール、味方チームの選手、相手チームの選手の動きに目を見張る必要がある。したがって、複数の対象物を追跡しつづける能力は、理論的に言えば、トレーニングすべき望ましい能力であるということになる。過去の研究によると、ほとんどの人は一般的に 4 個の対象物を追跡することができ、条件や集団の違いによって、場合によっては 5 個の対象物を追跡す

ることができることがわかっている (Fougnie & Marois, 2006)。健康的な成人は一般的に 4 個の対象物を追跡することができるが、高齢者は標準的な条件下でも 3 個までしか追跡できない (Trick, Perl, & Sethi, 2005)。この複数の対象物を追跡する能力は、動的なスポーツ環境において敏捷かつ正確に反応するうえで重要な役割を担っている可能性がある (Williams, Hodges, North, & Barton, 2006)。後述するが、この能力を単独で測定すると、一流スポーツ選手の平均は、それ以外のスポーツ選手の平均を上回るものの個人差が見られ、またすべてのレベルで向上の余地があった。

## 広い視野

チームスポーツにおいては、スポーツ選手の視野全体で重要な情報が生じるが、人間が集中してものを見る時の中心視野角は約 3 度であり、多くの動きは周辺視野で生じていることになる (Knudson & Kluka, 1997)。図 2 は、動的状況処理するのに必要な重要統合領域が、広い視野全体に存在することを示している。チームスポーツのスポーツ選手は、多方面に存在する情報源をカバーするために、一瞬ごとに絶えず視線を移動させていると一般的には思われているが (「探索戦略」)、これは誤りである。激しいプレーの最中には、数多くの対象に視線を注ぐ必要があり、対象が広い範囲に存在するために、そのような一時的な凝視を流動的に行えば、ポイントからポイントへ絶えず視線が移動するため、スポーツ選手はぼんやりとした知覚しか得られない可能性が高い (Williams, Davids, Burwitz, & Williams, 1994)。連続したスナップショットのような断片化が生じるために、場面を通じて絶えず変化しつづける動きを把握できなくなってしまう可能性が高くなる。一流のスポーツ選手とそれ以外のスポーツ選手の違いを決定づけるのは、視線を一点に集めつつ視野を広げ、重要な情報をより多く入手・吸収できる能力 (しばしば「サッカーディック・サプレッション」と呼ばれる) にあることが研究によって示されている (Williams, 2002)。

同じように、ボールの追跡を行うスポーツ選手は、視野のいたるところで重要な情報に遭遇している。相手チームの主要選手 (特にボールを保持している選手) のボディランゲージを読んで次の動きやパスを予測することができれば、試合を有利に運ぶことができるため、これによってさらに視線を一点に集中する必要性が高まる (Nagano, Kato, & Fukuda, 2006; Savelsbergh, van der Kamp, Williams, & Ward, 2005)。このような状況において、選手は限定的な領域と自分の周囲の動きの両方に同時に集中しなければならなくなる。つまり全

体的に、周辺に対する集中力を維持する必要性が頻繁に生じることになる。これはチームスポーツの一流スポーツ選手にとって、注意力を高めることにつながると同時に、より高い注意力が必要になることを意味する。広い動的な視覚領域に対応する能力は、理論上は、あらゆるチームスポーツの選手にアドバンテージをもたらすものだと言える。その場面の中心的ポイントに視線を集中させながら、周辺領域からも相手選手の動きの手掛かりを幅広く得ることができるようになるためである (Haywood, 1984)。

したがって、スポーツ向けの MOT トレーニングシステムにおいては、広い視野領域のトレーニングが重要な構成要素であると言える。そのようなトレーニングは、CAVE (Cave Automatic Virtual Environment、没入型投影ディスプレイ) 型のトレーニング環境で行われている (Cruz-Neira, Sandin, DeFanti, Kenyon, & Hart, 1992)。たとえば、ある知覚・認知プログラムでは、照明をコントロールし、8 フィート四方の高品質ディスプレイを広い視覚領域の代わりに用いている。注意力を効果的に広げることができるようにするために、トレーニングの指導の段階では、追跡中はつねにスクリーンの中心にある小さな点、「視支点」に視線を集中するように指示される。目を動かさずに異なる対象物に注意を移動させる方法も提案されている (Sears & Pylyshyn, 2000)。立方体の仮想空間を使用するのは、垂直方向の動きに対して水平方向の動きにバイアスが生じるのを防ぎ、視覚領域全体で追跡を行う必要性が生じるようにするためである。

## 限界速度

前述したような知覚・認知システムにおいて、速度を従属変数として使用方法論上のアドバンテージの一つは、数値を連続的なスケールで変動させることができる点にある。これは標準的な MOT 実験で最も多く使用されている「追跡対象の数」を変数とする方法の限界と対照的である。一般的な実験では速度は固定され、与えられた対象物の数に対する正しい回答の割合が評価される (Fougnie & Marois, 2006)。例えば、同時に最高で4個の対象物を追跡できた被験者が多数いたとしても、各個人の対象物追跡能力には大きな違いがある可能性がある。後述するように、速度を従属変数とした場合にこの点は明らかになり、レベルの高いスポーツ選手間にも大きな個人差が観察しうる。

このように速度は、MOT の知覚・認知トレーニングにおいて、コントロール可能な従属変

数として利用しうるものと思われるが、同時に「相互作用」を考慮することも重要である。つまり、球体の速度が上がると衝突や交差の頻度も上がる。球体は、互いに衝突しあったり、仮想立体の壁にぶつかったりして急に方向を変える。被験者は球体を見失わないように注意する必要がある、この急な方向転換を予期しておかないと、正確に軌道を予測することはできない (Lordanescu, Grabowecy, & Suzuki, 2009)。球体の交差は、いったんこれを正確に予想し、衝突ではないと判断できた場合には、作業記憶に記憶して視界から消える間も追跡しつづけることができる (Zhang, Xuan, Fu, & Pylyshyn, 2010)。4 個の球体を使用した MOT は、2、3 個の球体を使用した場合よりも、球体が交差するだけで難易度のレベルは上がる (Zelinsky & Todor, 2010)。また球体の相互作用は、仮想立体の複数の場所で同時に発生する。このため正確な軌道の追跡を行うための知覚・認知機能の難易度が上がることになる。速度を上げることによって、このような高い知覚・認知機能が求められる場面がより多く生じる可能性がある。スピードを上げれば、速度だけでなく相互作用の頻度も上がり、MOT の難易度が上がるためだ。球体の交差が複雑な追跡に影響を与えていることを示した過去の研究結果ともこれは一致している (Todor & Zelinsky, 2010)。

速度を限界よりもわずかに高いレベルに設定すると興味深い現象が観察できる。わずかな速度の上昇が、MOT の処理能力に機能的な破たんをもたらす「ジャグリング効果」である（「メンタルの壁にぶつかる」のと同様の現象である）<sup>1</sup>。

### 両眼 3D（立体視）

両目で見た場合であっても、外の世界から脳に届く像にはごくわずかな遠近感のずれが生じている。網膜に生じるこのずれは「網膜視差」と呼ばれている。脳は、この情報を利用して 3 次元 (3D) 両眼立体視を構築し、われわれはこれを知覚する (Julesz, 1971)。そこで、数多くの奥行き手がかりが利用しうる単眼視と比べて、また特に単眼視で相対的な奥行きを判断するのに使用される奥行き手がかりのなかで最も重要であるとされる運動視差と比べて、立体視にはどのような点でさらなるメリットがあるのかという疑問が残る (Faubert, 2001)。この議論は、立体視を失ってから 50 年後に驚異の回復を遂げた Dr. Susan Barry についての Oliver Sacks による論文が The New Yorker 誌 (2006) に掲載されたことをきっかけとして近年注目を集めている。一方で、立体視が自然なタスクの能力や (Sheedy, Bailey, Buri, & Bass, 1986)、手を伸ばすときに動きを絶えず修正する能力 (Greenwald, Knill, & Saunders,



2005) に寄与していることを示すエビデンスもある。そこで疑問が生じるのは、両眼からの3次元情報が、ここで議論している MOT タスクの限界速度の向上に役立つのかという点だ。われわれは、多くの実験条件において、両眼立体視のほうが、視差のない単眼視よりもスピードが得られることを確認している。実験を行った条件下では、平均 50%もの速度上昇が見られた (Tinjust, Allard, & Faubert, 2008)。したがって両眼立体視の優位性は、運動のコントロールに必要な脳信号のアファレント (求心性) - エファレント (遠心性) - リアファレント (再帰性) なコンビネーションによるものではない可能性がある。むしろ、視覚処理の内在的な特性である可能性があり、動きの速い場面において知覚システムによって迅速な判断が要求される際には、2次元画像では空間的な注意力を発揮することに限界が生じるため、これを立体視が補っている可能性があることが示唆されている (Intriligator & Cavanagh, 2001)。

最後に、3D-MOT は、(a) 視支点の固定、(b) 指定した球体の追跡、(3) 速度を変えた反復など、基本的に単純なタスクとするのが一般的な設計であるが、この設計が重要である点にも注意が必要である。このような設計にすることによって、テクニックや戦略で対応できる余地がほとんどなくなる。また多くのセッションを行うことによって経験値を高めるアプローチも本質的に同じ効果があり、「練習」による効果は無視できるほど小さくなる可能性が高い。このような高度な機能分離を行うのは、知覚・認知パフォーマンスとそれに直接に関係するトレーニング効果を正確に測定するためである。MOT タスクは、タスクごとに機能を高度に分離して行うが、非常に広範囲な脳のリソースを活性化させる可能性があり、神経機能の複数の領域を効率的に統合させることが必要になる。具体的には、複雑な動きの統合、分散的注意力、流動的・迅速な処理、視覚作業記憶などが含まれる。

知覚・認知能力の向上に知覚・認知タスクを活用することに対する関心は、スポーツ選手に限定されるものではない。実際に、動きの速いダイナミックなスポーツの場面で必要になる能力が、人ごみを進むときや運転中に要求される能力によく似ていることは、誰しも容易に想像できることである。これらのタスクは、特に神経生物学的な異常が生じている高齢者その他の人にとっては困難であることが多い (Faubert, 2002; O'Hearn, Landau, & Hoffman, 2005)。健康的に加齢しているその他の人々の知覚・認知処理については、すでに過去の論文で論じられている (Faubert, Giroud, Tinjust, & Allard, 2009)。健康であっても、加

齡は知覚・認知処理に影響を与えており (Faubert, 2002)、複雑な動きに関する情報を処理する能力や (Bennett, Sekuler, & Sekuler, 2007; Habak & Faubert, 2000; Tang & Zhou, 2009)、視野全体に注意力を分散させる能力 (Richards, Bennett, & Sekuler, 2006) に直接的な影響を与えている。健康的な高齢者でも MOT のスコアが低下することを示した研究もある (Sekuler, McLaughlin, & Yotsumoto, 2008; Trick et al., 2005)。この能力を有益だとみなすのであれば、この能力はすべての人において改善できるものなのかということを考える必要がある。われわれの知覚・認知トレーニング研究チームがこのタスクについて過去に行った実験では、若者と高齢者の両方で知覚・認知能力の大幅な改善が確認できた (Faubert et al., 2009)。実験では、4つのグループ (2つの若者グループ、2つの高齢者グループ) が5週間のプログラムに参加した。2つの対照群には1週目と5週目にテストを行い、実験群には2、3、4週もトレーニングを行った。トレーニング時間は約30分とした。5週間の実験の結果、実験群の知覚・認知能力には、トレーニング開始時に同じ年齢の対照群とまったく同じ数値であった場合であっても、一方の対照群と比べて大幅な改善が見られた。対照群に対する改善の割合には、30%から70%と個人差があった。しかもトレーニングを受けた高齢者のスコアは、統計的に対照群の若者と同じ水準にまで改善していた。このようなタスク (生態学的妥当性がある) において、トレーニングを受けた高齢者がトレーニングを受けていない若者と同程度まで能力を高めることができると証明できたことは、とても勇気づけられる結果である。またわれわれは、まだ論文にはなっていないものの、実験室内においてレベルの高いスポーツ選手に関する試験的な研究も行っており、その予備的な結果においては、このようなトレーニングプログラムによって知覚・認知能力が50%向上することが示されている。

## スポーツトレーニングの方法論の集約

スポーツ選手は、キャリアを通じて絶えず調整を行って試合に出ているのだから、知覚によって追跡を行うことは得意であるはずだと思う人は多いだろう。一流スポーツ選手の3D-MOT のスコアは、そうでない人よりも最初から高いことを、われわれは体験的に知っている。しかし最初から高い場合であっても、一流スポーツ選手は比較的わずかなトレーニングをただけで大幅にスコアが改善することがうかがえる。ここで重要なこととして、すでに述べた知覚・認知トレーニングの不足について詳しく述べることにする。特に、ス

スポーツ選手の生理学的調整に広く用いられている漸増負荷法 (Stone, Collins, Plisk, Haff, & Stone, 2000) は、認知領域においては一般的に重要視されていない (Kremer & Fleck, 2007)。

レベルの高いスポーツパフォーマンスにおいては、注意力から生体力学的スキルや生理学的リソースまで、多くの能力を管理する必要がある。プロのトレーニングでは、これらをいくつかの構成要素に分割し (パス練習、シュート練習、スピード、筋力、有酸素調整など)、最適なレベルでトレーニングを行うことが多い。しかし、認知スキルに単独で高い負荷をかけることはあまり行われていない。

競技における知覚・認知調整という意味では、レベルの高い 3 次元複数オブジェクト追跡が要求されるフィールド上の決定的な場面は、散発的に発生し、きわめて短い時間である傾向がある。2つの例をあげると、サッカーのプロ選手がボールを持つ時間は1試合あたり約 50 秒であり (Carling, 2010)、NFL の一般的な試合では1回のプレーは約 4~5 秒しかなく、実際の試合時間のうち平均してわずか 11 分しかプレーしていないことになる (Biderman, 2010)。

知覚・認知調整に対する分離と過負荷の両方の必要性については、十分な検討が行われていないということを考慮すると、知覚・認知トレーニングの最も重要な価値は、スポーツ科学に基づくトレーニング方法と理想的に調和する点にある。身体能力やスキルに基づく分離・負荷トレーニングと比較すると、その利点は一層際立つと思われる。これは第一に、神経可塑性というものが、非常に短い時間のトレーニングによる刺激に対しても大幅に機能の改善をもたらすことによるといえる。実際に、5 日間の介入後、活性化に依存する大脳皮質の可塑性によって神経解剖学的な構造変化が生じたことを示すエビデンスが提示されている (May, Hajak, Gänßbauer, Steffens, Langguth, Kleinjung, & Eichhammer, 2007)。ほかに知覚・認知トレーニングの長所としては、トレーニングセッションを短いかたまり (1 セッションにつき 6~8 分) に分けて行うことができること、長時間にわたってトレーニングの質を正確にコントロールできること、測定値を正確に記録してトレーニングプロセスをモニタリングできることなどがあげられる。

## プロのスポーツ選手の知覚・認知機能

イギリスのプレミアリーグ (2)、ナショナルホッケーリーグ (NHL) (3)、ラグビー (2) の世界的チームが、2010 年の 1 年間を通じて、さまざまなレベルの知覚・認知トレーニングプログラムを実施した。集められたデータについては現在のところ秘密保持義務があるものの、おおまかな傾向については今回初めて批評を加えることができる。もちろん、ここで指摘する傾向については、今後の研究において実証的な検討を加え、ここで示す逸話的情報に裏付けを与えることが必要である。最も意外であった逸話的傾向は、知覚・認知機能の初期のベースライン (3 回のコアセッション実施後に設定) にかかなりの幅があったことである。同じトップチームのなかでも、上位 3 名の限界値は、下位 3 名の限界値よりも 90% から 170% も高かった。この大きな能力の差は、スポーツ選手の総合的能力には一般的に思われているよりもはるかに多様なバリエーションがあり、より優れた関連性のあるスキルセットが弱点を補うということを仮説的に示している可能性がある。このような所見をよりよく理解するためには、さらに研究を行う必要がある。

スポーツ選手の大半に一貫して向上が見られたことも予期しないことだった。初期スコアが低かったスポーツ選手と高かったスポーツ選手の限界値の向上には、見たところ明確な差はなかった。さらに、これらの一流スポーツ選手の一般的な前提条件を考えると、時間の経過とともに向上が見られたことも驚きである。NHL は、知覚への刺激が激しいことで知られるスポーツであるが、追跡タスクの刺激を 30 分間 (15 回のセッション) 与えたところ、選手の限界値の平均スコアが約 40% も上昇した。

一流チームからデータを得ることの難しさは、個人レベルでもチームレベルでも使用頻度が一定ではないために (過密な試合スケジュールや移動時間にしばしば影響される)、使用頻度をコントロールできない点にある。これは意外なことではなく、さまざまなスポーツや国々のトップチームを対象とするスポーツ科学の研究においては、また新しいトレーニングアプローチを学習する初期の段階にいる者にとっては、避けられない問題である。長期のトレーニングを持続的に行った場合に、どの程度まで能力を向上させることができるかを現時点で確かめることは困難である。能力向上を示す曲線は、時間の経過とともに平らになるが、40 回以上のセッションを行った一流スポーツ選手についてさえも、どの程度が天井になるのかはまだわかっていない。一方で、使用頻度が一定ではないことによって、

向上した能力の保持についての分析が可能になるが、トレーニングを長期間（1～2 ヶ月）休んだことによる知覚・認知機能の低下は無視できるほど小さいものと思われる。限界値はセッションごとに大きく上下する可能性があるが、セッションを 3 回以上行って平均限界値がいったん上昇すると、その後も 3 回のセッションの平均数値は安定するようである（これは特に脳震盪の検査に活用できる可能性がある）。またこれと同じく、2 週間以上の間隔をあけてセッションを行った場合であっても、トレーニングの効果は持続することがうかがえる。知覚・認知トレーニングと 3D-MOT によるフィールドでの調整のあいだに生じるフィードバック効果が、互いの効果の持続に役立っている可能性がある。すなわち、フィールド上での動きに関して得られる情報が増えるにつれ、トレーニング前のレベルよりもはるかに多い刺激を得ている可能性がある。これらは現時点では仮説であり、今後さらなる調査や実証実験を行うことが必要である。

一部のスポーツ選手の 3D-MOT の初期スコアには非常に大きなばらつきがあるが、このことも上記の仮説によって説明できる可能性がある。3D-MOT のレベルが上がり始めると、通常時の脳の活動がその能力を保持する役目を果たすことがうかがえる。長期にわたってケガの治療をしているスポーツ選手のベースラインが著しく低いといえるかどうかについては、さらに実証的な研究を行う必要がある。仮にそうだとするならば、試合から長期にわたって遠ざかっていることによる知覚・認知能力の低下を示している可能性がある。その場合には、「試合ができる状態」に戻るうえでの課題は、身体能力だけでなく認知能力にも関わるものであることを示唆しているといえるかもしれない。

## 共有リソース

プロのスポーツ選手が、緊迫する試合状況において、練習ではめったにしないようなレベルの低い運動制御の失敗（キャッチミスや不正確なパスやシュートなど）をしてしまうのは、さほど珍しいことではない。これには多くの理由が考えられるが、一つの可能性として、きわめて高い知覚・認知能力が要求されるプレーの場面においては、ボールやパックの扱いといった運動制御行動に通常は振り分けられているリソースの枯渇が生じるのではないかと考えられる。運動制御は、練習によって無意識に行えるようになり、試合での負担も低減できるとされている。われわれは、すでに述べたとおり、理論上はその逆もまた正しいと考えており、知覚・認知トレーニングによって試合中の重要な場面の処理に求め

られるレベルを軽減し、結果としてボール等の扱いのミスを減らすことができるのではないかと考えている。

姿勢の維持は、ボディコントロールの基本であるということができ、レベルの高いプロのスポーツ選手はこの点においてはすでに優れた能力を持っている。したがって、立位と標準的な座位に求められる知覚・認知能力をテストすることによって、リソースの分配に関する上記の仮説を最も簡単に検証することが可能である。立位かどうかによってレベルの高いスポーツ選手の知覚・認知能力の限界値に影響が生じるのであれば、知覚・認知機能と運動制御メカニズムが同じリソースを共有している可能性をある程度証明することができる。以下に示すのは、異なるスポーツの 3 つのプロチームの選手が座位でトレーニングを行ったときのデータと、別のチームの選手が同じテスト条件下において立位でトレーニングを行った場合のデータである。

## 各グループの傾向

### 標準テスト条件

図 3 は、個人を特定できる情報は伏せてあるが、3 種類のきわめて異なる種類のスポーツの 3 つのプロチームから得られたデータである。具体的には、イギリスのプレミアリーグチーム、NHL のホッケーチーム、欧州ラグビーリーグのラグビーチームの選手であり、彼らに標準的な座位でトレーニングをしてもらい、知覚・認知機能を分離し、姿勢コントロールに関わるその他のメカニズムの影響をできるだけ排除した。このフィールドデータは、トレーニングセッションを関数として対数目盛上にチームの限界値の幾何平均を示している。すべての選手が最後までテストを受けたわけではないため、セッションの回数が増えるにつれて偏差がやや大きくなっている。実験室で平均 3 回のセッションで採取した限界値のデータと比較するために、セッションのデータは過去 3 回のセッションの平均になっている。このグラフからうかがえることは、平均的に見て、3 つのプロスポーツチームの知覚・認知能力が、まったく同じように向上しているということだ。このデータは、簡単なロジスティック回帰モデルに適合し、 $R^2$  値は 0.88 から 0.97 ときわめて高い値になる。つまり、分散したデータの 88~97%がこの適合によって説明できることになる。この図で最も高い  $R^2$  値を示したのは、各セッションに最も多くの選手が参加したチームのデータである。選手の機能は、予想どおりに急激に発達したのちにスローダウンしているが、まだ飽和状態

に達してはいないこともうかがえる。

### **立位条件**

もう一つの NHL ホッケーチームのデータは、立位でデータを測定した点だけが異なっており、他の点はすべてほかの 3 つのチームと同じ条件で測定された。結果は、立位での測定が、限界速度に直接的な影響を与えることを示唆している。影響の大きさは驚くほどで、バランス制御のメカニズムと知覚・認知能力トレーニングに要求される知覚・認知能力（さまざまな試合の場面で要求される知覚・認知能力と類似するものと思われる）とのあいだに何らかの関連があることがわかる。その他の機能と同様に、急激な上昇が見られるものの、座位のときほど劇的に上昇しているわけではない。さらに、速度が遅い部分の曲線の傾きが浅くなっており、このことは学習による発達が生じたときほど急激ではないことを意味している。このことは、知覚・認知機能を運動反応に統合させるうえで、理想的なトレーニング条件はどのようなものかという点において重要性を持つ可能性がある。これらの結果から、さまざまなレベルの運動負荷をかける前に能力の統合が必要であるということが出来る。

### **レベルの高いアマチュア対プロスポーツ選手**

レベルの高いアマチュアスポーツ選手とプロスポーツ選手を区別する要素とは何だろうか。この点はまだ明らかにされていないものの、遺伝的要因と環境要因の両方がかかわっていると推測することができる。しかし、同じ年齢層でレベルの高いアマチュアスポーツ選手とプロスポーツ選手の基本的身体能力の差がごくわずかしかないとするのは妥当ではないとはいきれない。知覚・認知能力が両者を分ける要因の一つなのであろうか。われわれは現時点では答えを持っていないが、知覚・認知能力の測定は、動的な視覚場面の処理に要する脳の機能の差が両者を分ける要因の一つであるかどうかを知ることによって役立つ可能性がある。

### **予想されるメリット：フィールドでのパフォーマンスの向上**

フィールドでのパフォーマンスにおいては、知覚・認知能力の限界値を高めることによっておもに 3 つのメリットがあると考えられる。第一に、より広い視野で選手の動きのパターンを知覚・処理できるようになる（3 人ではなく 4 人の選手の動きを効果的に監視できる

ようになる)。これにより、相手の戦術の把握や知的な意思決定の基礎を（これらのスキルを直接的にトレーニングしなくても）より強固にできる可能性がある。第二に、限界値未満の数の選手の追跡がより効率的に行えるようになり、その結果、リソースに余裕ができてほかのことに注意を向けたり、あるいは単純に集中力の持続による負担を減らしたりすることができるようになる可能性がある。最後に、周囲の動きに対する注意力を損なうことなく、重要な相手選手のボディランゲージを読むといった 2 つの知覚タスクを並行して実行するのに役立つ可能性がある。これらの予想されるメリットについては実証的な研究を行うことが必要である。

### 予想されるメリット：脳震盪の診断

知覚・認知トレーニングは、脳のリソースを引き出す構造化された認知活動として活用できる可能性が大いにあり、脳震盪は認知活動に深刻な影響を与えることがよく知られている（軽度外傷性脳損傷 [TBI] とも呼ばれる）。知覚・認知トレーニングは、これまで述べた中心的認知機能（複雑な動きの処理や作業記憶など）の包括的な統合を基礎とするため、脳震盪による機能低下の影響を受けやすいものと思われる。また、複雑な動きの処理は、脳震盪による損傷に特に影響を受けやすいことが証明されている（Brosseau-Lachaine, Gagnon, Forget, & Faubert, 2008）。さらなる実証的研究を行う必要があるものの、知覚・認知機能のベースラインを測定しておくことによって、医療スタッフが脳震盪の症状のある選手のモニタリングをできるようになる可能性がある。

1. 知覚・認知能力を厳密かつ正確に再テストすることによって、前もって測定した選手の標準レベルの知覚・認知能力と直接的に比較を行うことができる。初期ベースラインよりも大幅に（+40%など）ベースラインが上がっている「上昇したベースライン」の場合には、知覚・認知テストスコアには比較的顕著な低下が生じる可能性がある。知覚・認知トレーニングは、プレーに復帰する時期を決定するうえで理想的な診断方法となる可能性がある。これは特に医療スタッフにとって重要な意味を持つ。医療スタッフは、軽度外傷性脳損傷の症状の治療に重点を置くため、いつ頃試合に出られる状態になるのかについてはきちんとした基準を持っていないことが多い（軽度外傷性脳損傷の症状は試合復帰の検討を始めるずっと前によくくなっていることが多い）。
2. 知覚・認知トレーニングの条件は、環境的にも機能的にも厳密で一貫性のあるものに



なるよう設計されており、再テストは実験的な基準点として選手の正常な認知機能を把握することに役立つ可能性がある。ただし医療スタッフは通常と同じく、試合復帰に対するバイアスを考慮する必要がある。

3. 認知機能に軽い刺激を与えると回復が早まることを示すエビデンスもあり (Novack & Johnston, 1998)、これは特に急性期治療後の段階において顕著である (Cappaa et al., 2003)。この原理に基づくと、知覚・認知トレーニングは、そのような刺激を定期的かつ漸進的な処方量で与える安全かつ調整可能な方法として活用できる可能性がある。

### 予想されるメリット：衝突回避による負傷リスクの軽減

知覚・認知トレーニングは、一般的に複数の対象物を追跡する能力をトレーニングすると考えられているが、周辺視覚領域においてもこの能力を高めるメリットがある可能性がある。周辺領域に注意を向けることのほうがより難しく、高い能力が要求されるパフォーマンス条件下では、周辺領域に対する注意が犠牲になるためである。しかし、直感的な印象に反して、網膜の中心窩よりも周辺視覚のほうが情報をより速く処理しており、時間的プレッシャーのある場面で大きなアドバンテージを与えていることを示すエビデンスもある (Smeeton, Williams, Hodges, & Ward, 2005)。また周辺視覚の探索方法のほうが、視線を移動させて対象物を追跡する方法よりもエラーが少ないことを示した基礎研究もある (Haywood, 1984)。チームスポーツの試合における重要な場面は一瞬であり、視覚への複雑な刺激に溢れているため、周辺領域に対する認識を効果的に高めることによって、スポーツパフォーマンスにおけるアドバンテージを得ることができると考えられる。具体的には、情報の手がかりをよりよく活用し、動きへの反応時間を短縮して、より効果的にプレーの判断を行うことができるようになることなどがあげられる (Hagemann, Strauss, & Cañal-Bruland, 2006)。

このことから、周辺視覚領域の選手の動きに対する認識力を高めることによって、負傷のおそれのある衝突が避けられるようになるという説を導くことができる。この説が正しいならば、衝突を回避することはスポーツ選手によって第一の防御となることが多いため、負傷のリスク軽減に大きな効果を発揮する可能性がある。Garraway and colleagues (1999) の論文では、ラグビー選手の負傷の 52% が、スポーツ選手の周辺視覚領域から相手選手が飛び出してきたときに発生しているという結論が述べられている。高校サッカー選手の周辺

視野の知覚低下を調査した別の研究では、負傷をすると周辺視野の知覚が大幅に低下することがわかっている (Rogers & Landers, 2005)。同様の結果は、大学生スポーツ選手でも得られている (Williams & Andersen, 1997)。このことから、パフォーマンスだけでなく医療の面からもスポーツ団体は知覚・認知機能の向上による潜在的なメリットを検討すべきであるといえる。特に、主要選手に負傷でダウンタイムが生じると、シーズンを通じてチームの戦力が低下する恐れがある。また試合にも重大な影響が生じ、試合中に突然の衝突によって負傷が生じる恐れもある。

## 結論

本論文では、知覚・認知能力を分離してトレーニングしうる理論上の可能性について述べた。われわれは、このなかで知覚・認知トレーニングプログラムの特徴について述べ、そのようなトレーニングの潜在的メリットを指摘し、スポーツ選手がスポーツでの視覚的場面を知覚・認知レベルで最適に処理できるようにするためには何が必要なのかを検討し、この能力がレベルの高いスポーツ選手においてもトレーニング可能であると思われることを指摘した。知覚・認知トレーニングの構成要素やプログラムについては、そのような介入を行うための理論的根拠をより強固なものにするため、またその効果を分析するために、今後さらなる研究が行われることが望まれる。

## 後注

<sup>1</sup>個人の限界速度を上回る速度は、正確に知覚されず、実際よりも速く、より困難であると感じることが多い。これは、ダイヤルのようにスピードを手動で調整し、被験者から言葉による反応（「これは対応できる速度だ」、「これは速すぎる」）を得た場合に観察することができ、楽に対応できる速度の上限からそれを少し上回る程度までが適切なゾーンになる。

## 謝辞

データの収集と編集を手助けしてくれた Felix Rehnberg と Adam Lorton に感謝する。Jocelyn Faubert は、本研究に助成金を提供してくれたカナダ自然科学・工学研究会議に対して感謝の意を表す。

## 各ページ注記

Jocelyn Faubert は、モントリオール大学の視覚精神物理学・知覚研究所の教授であり、NSERC- Essilor Industrial Research の学部長を務めている。Lee Sidebottom は、モントリオールにある CogniSens Athletics Inc の社員である。

図1 標準的知覚・認知コアトレーニングセッションの5つの重要な段階の説明：(a) ランダムに配置した球体を仮想立体空間に表示、(b) タスク中に追跡する球体に印をつける、(c) 印を消去し、すべての球体に相互作用のあるダイナミックな動きをさせる、(d) 被験者が球体を識別して回答する、(e) 被験者にフィードバックを与える。被験者が4個の球体すべてを識別できた場合には、より速い速度でタスクを繰り返す。逆に誤った回答をした場合には、遅い速度でタスクを繰り返す。

図2 知覚・認知タスクと関係のあるゴールキーパー (GK) の視覚に関する基本原則：(a) GK は複数の対象物を追跡しなければならない、(b) GK は中心視野だけでなく周辺視野の大部分を活用してこれらの対象物を追跡しなければならない、(c) GK は視野の広い領域から得られた情報を効率的に活用しなければならない、(d) GK はこの情報のすべてを非常に速いスピードで処理しなければならない。

トレーニングセッションを関数とした4つのプロチームの幾何平均

トレーニングセッション

限界速度

セッション回数

座位で測定した選手

立位状態で測定した選手

ホッケー (NHL)

ラグビー (欧州リーグ)

ホッケー (NHL)

サッカー (プレミアリーグ)

### 図 3

3 種類の異なるスポーツの 4 つのプロチームの選手の限界速度の幾何平均値 (テストセッションの回数を関数とする)。各チームは、イギリスのプレミアリーグのサッカーチーム (●)、NHL のアイスホッケーチーム (△)、欧州ラグビーリーグのラグビーチーム (■) である。これらの 3 つのチームのデータは座位で測定した。4 番目のチーム (NHL) は、立位で測定した (本文参照)。データは、直近 3 回の限界速度データの累積的な幾何平均を示している。データはロジスティック回帰モデルに適合し、偏差の 88% から 97% がこれによって説明できる。この適合は、これらのチームが、現時点で得られているデータでは漸近的なレベルに達していないことを示しており、条件が同じであればスポーツ全体に類似性が見られることを示唆している。一方で、立位で測定したチームの限界速度は非常に異なっており、学習による発達速度もゆっくりとしている。

# NeuroTracker は、RTP 決定のための指標

## 医療専門家のための情報

脳震盪はスポーツにおける大きな問題であり、年間 300,000 人以上のスポーツ選手が経験している。現在、脳震盪は、いくつかの症状の主観的評価に基づいて管理しており、客観的な数量化できる指標を欠いていて、試合への復帰を客観的に決定することが困難である。

CogniSens Athletics 社は、神経科学を専門とする企業で、スポーツ選手の知覚/認知能力を評価し調整する最新技術を開発した。当社製品は、Jocelyn Faubert 博士が主催するモントリオール大学精神物理学及び視覚研究所の協力を得て開発された。

NeuroTracker は、動的なスポーツ環境における複雑な動きを知覚する場合に必要とされる高度な精神的資源の分離、トレーニング及び試験を行う。これら知覚/認知資源は脳震盪関連の損傷(Brosseau-Lachaine, Gagnon, Forget & Faubert, 2008)に影響を受け易いことが知られている。より広く認識される損傷に関して無症状であるとしても、測定可能な回復後期には特にそうであるといえる。NeuroTracker を使ってトレーニングをすると、スポーツ選手の通常の知覚/認知能力を確実に数量化できるベースラインの設定が可能である。これらの指標によって、医療スタッフは、脳震盪後いつ試合に復帰できるかのパフォーマンスレベル状態についての良好な判断材料として、他の評価項目と合わせて使うことができる。

CogniSens は、さらに知覚/認知技術について特許を取得しており、今後、NeuroTracker に組み込んで、NeuroMinder C3 システムとして統合する予定だ。C3 システムは、回復及び試合復帰時の mTBI（軽度外傷性脳傷害）管理を補助する多層的方法である。

## スポーツ選手パフォーマンスとの関連

「一流のスポーツ選手は、並みの選手と比較してフィールドで優れた精神的能力を発揮できる。認知パフォーマンスの調整方法を発見することは、スポーツ科学にとって重要な課題である。NeuroTracker は、この分野での素晴らしい発明だといえる。基礎的スキルを訓練する優れた科学的な技術であり効果が直ぐに実感できる。新しいパフォーマンスデータが

多く得られている」

Leonard Zaichkowsky 博士、Vancouver Canucks スポーツ科学部部長

トップレベルの競技スポーツにおいて、刺激に対する知覚と反応は重要な要素であることは、広く知られている(Williams, Davids 1999, p.ix)。複雑な情報を知覚し処理する能力は、スポーツ能力に影響しない視覚機能とは別である (Starkes & Ericsson 2003, p221)。むしろ、一流スポーツ選手の定義となっている、優れた探索戦略を使って関連知覚情報を拾い上げる能力である。この優れた能力は、メタ解析(Mann et al. 2007)を通して示される。メタ解析では、同等の視覚能力を持つ一流と二流のサッカー選手を試験する。一流選手は、二流選手に比較して、優れた認知処理能力を有していることが分かった。スポーツ選手は、優れた視覚能力を必要とするが、他の選手より抜きん出するためには認知能力こそが必要である (Garland&Barry, 1990)。

NeuroTracker は、高度トレーニングプログラムである 3D マルチオブジェクト追跡 (3D MOT)を使ってパフォーマンスレベルの知覚/認知スキルを刺激する。スポーツ選手を情報処理閾値の上下でトレーニングし、チームスポーツと同じように視覚表層関連域を活性化すると同時に、厳格に機能的分離を維持しつつ、インテリジェントな段階的手順によって最大刺激を達成する。

#### 知覚/認知機能に対する測定可能な影響

- 1/ 複雑な動きの統合
- 2/ ??
- 3/ 作業記憶
- 4/ 急速な処理
- 5/ 3D-MOT  
認知

NeuroTracker が引き出す精神的資源には、複雑な動きの統合や作業記憶など中枢認知機能の全体的統合が含まれる。3D-MOT 閾値は、認知損傷あるいはこれら資源の競合に対して影

響していると考えられる。NeuroTracker が、高度な認知機能を測定することは、トレーニングデータからもある程度明らかである。図 1 に、一流のチームスポーツ選手を立位で試験した場合と、座位で試験した場合の、速度閾値の差である。立位群が低閾値を示したが、これは 3D MOT の機能及び改善率が、立位という自然なバランス要求で損なわれたことを示している。

#### 4 つのプロスポーツチームにおけるトレーニングと幾何学的方法の関係

- 1/ 選手は座位で試験を受ける
- 2/ 選手は立位で試験を受ける
- 3/ ホッケー[NHL]  $R^3 = 0.91$
- 4/ ラグビー (欧州リーグ)  $R^3 = 0.88$
- 5/ ホッケー[NHL]  $R^3 = 0.97$
- 6/ サッカー (プレミアリーグ)  $R^3 = 0.97$
  
- 7/ 速度閾値
- 8/ 回数
- 9/ 日付点は、最後の 3 測定閾値の累積幾何学的平均

### 具体的な RTP のメリット

ベースラインが安定すると、医療専門家は、脳震盪から回復したと思われる選手について、試合に戻れるかどうか決定するための支援ツールとして、NeuroTracker を使うことができる。

1. 精確な知覚/認知試験で選手を再試験し、既知の通常レベルと比較できる。トレーニングで選手のベースラインが上昇している場合、例えば、元のベースラインより閾値が 40% 高い場合は、残留している脳震盪損傷による試験結果における低下は、相対的に大きくなると予想される。NeuroTracker は、競争的状态にある選手の閾値を記録するパフォーマンストレーニングツールで、「試合復帰」判断をするための優れた手段となる。mTBI 症状が寛解したが、正常な認知レベルへ戻ったかどうかの確実な測定基準がない場合に、医療スタッフにとって特に重要なツールである。

2. NeuroTracker のトレーニング条件は、環境及び機能的に非常に精密で厳格であるの

で、再試験することで、選手は正常な認知レベルを判断する上で有効な経験上の基準を持つことができる。選手側では、試合復帰へのバイアスがかかることも考慮すべきであるが、これは当然である。

3. NeuroTracker は、回復期にある選手に対して有効な実際的かつ安全な試験である。なんらの身体的活動を必要とせず、試験条件は、厳しく管理される。試験時間は短時間(8分)で、科学的な閾値を測定可能である。

### 既存方法との統合

NeuroTracker は重要なパフォーマンス指標を分離・測定できる。このシステムを使って取得したデータは、選手の現在の知覚状態についての信頼性高い客観的な情報となる。正常レベルからの低下によって知覚/認知の損傷程度が分かり、例えば、残留脳震盪の影響が推定される。このデータを、従来のバランス及び神経心理学的試験を組み合わせ、健康回復知覚/認知機能を新たな指標として組み入れて医療検査者の RTP 評価に役立てることができる。

NeuroTracker で取得できるデータは信頼でき精確ではあるが、直接的な診断試験結果ではない。従って、選手の完全回復を観察している経験を積んだ臨床医がデータを解釈することが必要である。CogniSens Athletics 社では、医療関係者向けに NeuroTracker のデータ解釈の具体的な指針を提供している。

### NeuroTracker

提示

印づけ

移動

認識

フィードバック



大画面の 3D 環境に 8 個のうちから 4 個のターゲットが現われる

8 秒間の移動中にターゲットを追跡し認識する。

動きの速度は、成功したかどうかで変更される。この処理が 20 回繰り返され、3D-MOT 能力の科学的に計算された速度閾値が得られる。1 回あたり 8 分間で、累積閾値を使って知覚/認知ベースラインを確立する。

関連リンク：[Cognisens Athletic Inc ウェブサイト](#)

[CogniSens Inc. ウェブサイト \(親会社\)](#)

[Dr. Jocelyn Faubert on Wikipedia](#)

[Visual Psychophysics and Perception Laboratory ウェブサイト](#)