VRを活用した新たなデジタル治療：体性認知協調療法

ここがすごい！ 体性認知協調療法

1. 座位トレーニングで歩行機能まで改善:複数の運動機能に同時アプローチ
2. 一次運動野の協調運動領域に作用する革新的なデジタル治療法
3. 転倒やVR酔いを抑えた高い安全性(VR酔い発生率0.5%未満)

導入のPOINT

» 対象疾患

リハビリテーションの適応となるあらゆる疾患

» 導入に向いている対象

1. 脳神経内科・脳外科疾患全般（特に小脳性運動失調，パーキンソン病，脳卒中後片麻痺，半側空間無視を含む注意障害等）
2. 整形外科疾患全般（特に脊髄損傷，変形性股・膝関節症，肩関節周囲炎，慢性腰痛等）
3. 小児科疾患全般（特に脳性麻痺，自閉スペクトラム症，注意欠如多動症等）

» 導入ではここを押さえる！

1. VRを用いた体性認知協調療法は一次運動野の協調運動領域に対する新しいデジタル治療アプローチである
2. 治療の原則は座位での左右交互のリーチング動作となる
3. 座位トレーニングでも歩行機能の改善が得られる点が大きな特徴の1つ
4. 上手く治療効果を出すには技術の習得が必要である

近年，デジタル技術の進歩や汎用性機器の普及により，仮想現実（Virtual Reality：VR）技術のリハビリテーション分野への応用がかなり進んできた[1,2]。

本稿では，筆者らが近年提唱を始めた没入型VRを用いた体性認知協調療法（Somato-Cognitive Coordination Therapy：SCCT）とよばれる新しいデジタル治療技術について，その開発原理から臨床効果までを概説する[3–5]。

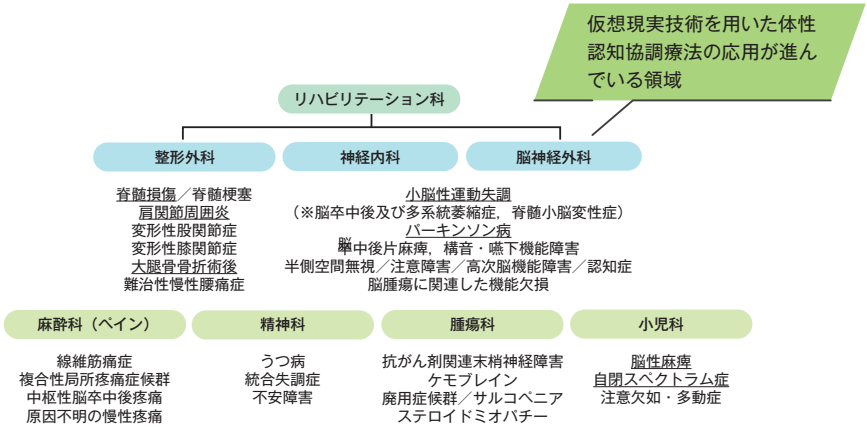
SCCTは，一次運動野の協調運動領域に対する新しいデジタル治療アプローチとして認知が進んでおり，各種学会や学術誌での報告が散見されるようになってきた[3–5]。これまで治療困難であると考えられてきたさまざまな疾患での応用が進んでおり[6]，難治性疾患治療の中心的技術の1つになりうる実例として，SCCTの知見が広がり，患者の治療選択肢が増える一助となれば幸いである。

VRを用いたSCCTの実際
治療は原則として座位，又は臥位で左右交互にリーチング動作を行う。

VRで補正する体性認知行動ネットワーク（SCAN）の異常：SCCTによる運動協調性改善アプローチ

2023年4月，一次運動野の新しい脳地図がNatureに報告された[7]。このなかで，手，足，口等の各境界領域に全身の協調運動を調整するための体性認知行動ネットワーク（Somato-Cognitive Action Network：SCAN）が存在することが指摘されている[7]。

一方，筆者らは本発表以前から独自の研究成果をもとにSCANの存在を予測



し，その異常を可視化し補正するためのデジタル治療アプローチの開発に取り組んできた（例：2017 年出願の特許第 6425287 号）。

SCCT は，没入型 VR 空間内での左右交互の座位リーチング課題を実施することで，運動協調性の異常を検出し，適切な動作の学習を促す治療手法である[3-5]。SCAN の異常は「身体が見えない状況」で，「体の一部と三次元空間上の座標を重ね合わせるような動作（点推定）を促すこと」で顕在化させることができる。具体的には，一見動作とは関係のない関節における異常な動きとして表出されるため，筆者らはこれを「関節連関」や絡まった「SCAN（entangled-SCAN, e-SCAN）」とよんでいる[3-5]。

e-SCAN の改善は，各動作達成時に患者に対してその正誤や達成精度を視覚，聴覚，触覚等を用いてフィードバックすることで得られることが判明している[3]。筆者らはこのような SCCT のデジタル治療技術に関連する特許を国内だけでも 20 種以上保有している[6]。驚くべきことに，e-SCAN は脳神経内科，脳外科疾患，整形外科疾患をはじめ，脳性麻痺や自閉スペクトラム症のような小児科疾患等，多種多様な疾患群で認められることがわかっている[6]。

なお，自己身体の非視認性と正確かつ再現性のある点推定を促す環境整備には没入型 VR 技術が必須であり，自己身体の非視認性が得られない拡張現実技術や複合現実技術では適切な治療環境は提供できない。

わが国で SCCT に用いられる VR 医療機器としては mediVR 社製「mediVR カグラ®」が圧倒的なシェアを占める[6]。本製品による SCCT が累計 18 万回を超えて利用されているなかで，転倒や治療の必要な副作用イベントの発生はなく，sensory conflict を防止する機能的特徴から，VR 酔いの発生頻度も 0.5%未満と，本機器を用いた SCCT では高い安全性が確立されている[8,9]。

臨床現場における使用の実際

前述の通り，SCCT は没入型 VR 空間内で出現する的に左右交互に触れるリーチング課題を実施することで，運動協調性の異常を検出し，適切な動作の学習を促す治療手法である[3–5]。「リーチング」という表現を用いているが，その本質は点推定による明確な動作イメージの生成であるため，必ずしもコントローラーを手に保持する必要はない。例えば，片麻痺患者では手や肘，肩に固定して SCCT を行ってもよい。また，目標となる的（座標）は VR 空間内に固定されて表示してもよいし，ゆっくりと落下してくるような動的オブジェクトでもよい。SCCT は原則として座位で実施されるが，患者の状態に応じて完全な仰臥位でも実施できる。

治療者は，患者に出現する関節連関の種別や程度に応じて運動負荷，認知負荷といった課題設定を調整しながら絡まった糸（e-SCAN）を解くようなイメージで目的とする症候に対して介入を行う。

患者の状態に合わせた SCCT の提供方法

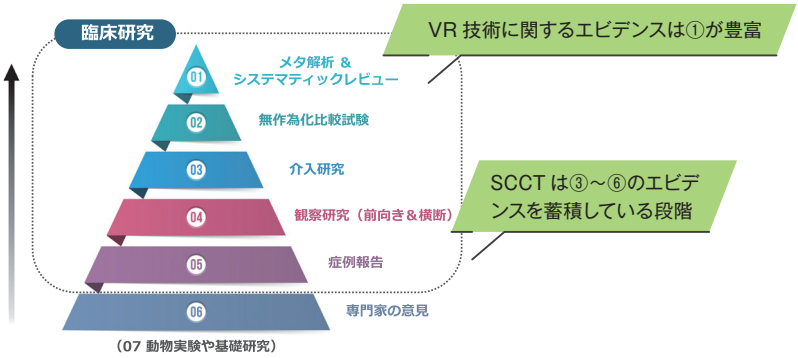
左：40 歳台の男性。5 年前発症の左被殻出血に伴う右片麻痺患者ではコントローラーをゴムバンドで手に固定した状態で治療を行った（左）。1 回 40 分の治療介入を 90 回行った後，上肢の Fugl-Meyer Assessment が 13 点から 38 点に，下肢が 15 点から 25 点に改善した。

右：13 歳の重症心身障害児である脳性麻痺の男児は痙縮が強く，あらゆる日常生活動作や介護に問題を抱えており，治療開始は仰臥位で行った。その後，40 分 18 回の治療で全身の痙縮は大きく軽減し，嘔吐や誤嚥がなくなり介助下での端座位が可能となった。

エビデンスでみるVRを用いたSCCTの効果

医療現場におけるVRの活用は比較的歴史が古く，30年以上前から報告が認められる。メタ解析やシステマティックレビュー論文が数多く報告されていることから，エビデンスが豊富に存在すると考えられている[1,2,10]。特に，脳卒中後やパーキンソン病領域におけるエビデンスが非常に豊富である。例えば，米国心臓協会（AHA）および米国脳卒中協会（ASA）の合同ガイドラインでは，2016年時点から脳卒中後の半側空間無視にVRを活用することが推奨クラスⅡa，エビデンスレベルAで推奨されている[10]。

一方，筆者らの提唱するSCCTは一般的なVR機器に加えて，これまでにないまったく新しいデジタル治療要素を含むという見方ができる。現時点では専門家の意見，症例報告，観察研究のエビデンスが中心ではあるが，近年では，進行期パーキンソン病や持続性知覚性姿勢誘発めまい症における介入研究の結果



ピラミッドの上に向かうほどエビデンスレベルが高いと考えられている。なお，症例報告はケースシリーズが原著論文となることもあり，便宜上臨床研究に含めるものとして記載。

Tips

疾患治療においては通常リスクベネフィットがトレードオフであり，大きな効果を得るにはある程度侵襲的な治療が必要であるというのが通常であるが，SCCTは前述のとおりほぼ最小リスクで大きな治療効果が期待できる。この意味で，これまでの医学史にないきわめて費用対効果，リスク対効果の高いエポックメイキングな治療手段と考えることができる。

参考として，mediVR社ウェブサイトの製品紹介ページでSCCTに関する最新の講演動画を閲覧できるようにした（https://www.medivr.jp/product/）。

や，深層筋賦活に関するSCCTのエビデンスが蓄積されてきている段階である[3,11,12]。

以下，各疾患における臨床成績について記載する。紙面に限りがあるため，神経内科・脳外科，整形外科，小児科領域を中心に端的な記述に留める。

1 神経内科・脳外科領域：進行期パーキンソン病，小脳性運動失調

本領域で最もエビデンスが蓄積されているのが，進行期パーキンソン病での手指の巧緻性および歩行機能の改善効果である[3]。SCCTはSCANに対するアプローチであることから，単一アプローチで一次運動野に分布する手，足，口等の各基本領域すべての動作に改善をもたらすことが大きな特徴である[3,4]。

そのほか，現在の医学では治療が難しいと考えられている小脳性運動失調に対する効果も非常に期待できる分野の1つである[13,14]。脳卒中などの突然発症する疾患の場合は治療効果が手続き記憶的に保持される一方で，多系統萎縮や脊髄小脳変性症といった進行性疾患では効果を得るために繰り返し治療を要することが多い[15]。また，AHAやASAのガイドラインでも述べられている通り，半側空間無視を含む注意障害はVRを用いたリハビリテーション治療の非常によい適応である。特に，mediVR カグラ® ではアフォーダンスの高い見た目を採用することで，非言語的に患者の動作を引き出せる点が医療現場から高く評価されている[16,17]。

2 整形外科領域：脊髄損傷，大腿骨頸部骨折，変形性膝関節症，肩関節周囲炎，慢性腰痛

SCCTがよく行われる整形外科領域の疾患として最も注目を浴びている疾患は，脊髄損傷である[18]。その改善機序に関しては不明な点が多いものの，再生医療を含めて効果的な治療介入の難しい神経損傷系疾患に対しては，治療リスクが小さく繰り返し治療を行えるSCCTはよい適応と考えられる[18,19]。現時点では症例報告を超えるレベルのエビデンスは存在しないが，臨床現場では明らかに有意に改善がみられるという認識のもと，mediVR カグラ® を早期に導入した医療機関も多い。

そのほか，より一般的な大腿骨頸部骨折術後や変形性膝関節症，肩関節周囲炎，痛覚変調性疼痛の要素の大きい慢性腰痛での臨床応用も多く行われている[6,20-23]。

特に，整形外科領域にかかわる医師から最も驚かれる特長は，「座位トレーニングで歩行機能を改善できる」点にあり，数多くの学術誌でも報告されてきた[3-6,24]。歩行機能改善の機序に関しては，SCANへの介入である点に加えて，歩行を模した荷重動作を左右交互のリーチング時に再現しながら治療を行うという視点も重要である[5]。また，例えば下方へのリーチング動作を応用することで股

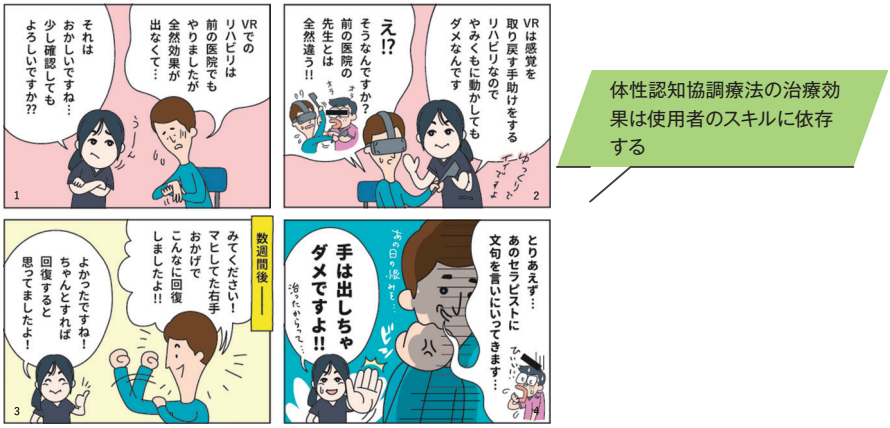
関節，膝関節，足関節に焦点を当てた介入調整が可能である[20,21]。さらに，肩関節周囲炎の治療はきわめて簡便で，初学者向けである。近距離の位置に落下型のオブジェクトを生成し，脇を閉じて肘関節屈曲位で肩甲帯が挙上しないよう点推定をさせながらゆっくりと肩関節の屈曲動作を促す。SCCT では深層筋の賦活が可能であることから[12]，即時的な肩関節の可動域向上や疼痛の低減につながる事例が多いと考えられている。

3 小児科領域：脳性麻痺，自閉スペクトラム症，注意欠如多動症

SCCT は，脳性麻痺の痙縮治療や自閉スペクトラム症，注意欠如多動症に応用されることが多く，動作改善や社会性の向上につながったという複数例での症例報告をそれぞれ神経治療学会誌で報告した[25,26]。例えば，脳性麻痺の痙縮に関してはボツリヌス療法に置き換わる非侵襲的な新たなデジタル治療としての普及を推奨し[25]，自閉スペクトラム症や注意欠如多動症の患児には支援学校や支援学級での療育的介入を通した治療機会の提供を行っていきたいと考えている[26]。

課題負荷の適切な設定や介助技術の習得が必要不可欠

e-SCAN の改善をもたらす SCCT，それが多くの分野で治療効果を発揮している。SCCT の施行は単純な左右交互のリーチング動作と誤解されることがあるが，実際には課題負荷の適切な設定や介助技術の習得が必要不可欠である。治療の効果が使用者のスキルに依存する部分もあるため，筆者らは「mediVR カグラ®」の導入施設に対して，SCCT の実践的なトレーニングやウェブカンファレン



体性認知協調療法の治療効果は使用者のスキルに依存する

ス機会の提供，研修プログラムや認定制度を設けて利用者の技術が継続的に向上していけるよう支援を行っている[6]。近年では，セラピストのみならず，脳神経内科医，脳外科医，整形外科医，小児科医や看護師等が自らの担当患者を治療するケースも増えており，さまざまな職種が SCCT Interventionist として活躍している。

現在，「mediVR カグラ®」は全国で 145 施設に導入されているが，誰もが身近な医療機関において SCCT を受けられる世の中となるよう，さらなる機器の普及とエビデンスの集積を行っていきたい。

文献

1. Van Criekinge T, et al. Clin Rehabil 2019；33：992-1002. PMID：30791703
2. Canning CG, et al. Nat Rev Neurol 2020；16：409-425. PMID：32591756
3. Hara M, et al. J Parkinsons Dis 2024；14：895-898. PMID：38607764
4. 原正彦．Precision Medicine 2023；6：1031-1034.
5. 原正彦．治療 2023；105：1270-1275.
6. 原正彦，ほか．臨床リハ 2022；31：1226-1232.
7. Gordon EM, et al. Nature 2023；617：351-359. PMID：37076628
8. Hara M, et al. Prog Rehabil Med 2018；3：20180016. PMID：32789241
9. 村川雄一朗，ほか．リハビリテーションエンジニアリング 2022；37：122-126.
10. Winstein CJ, et al. Stroke 2017；48：e78. PMID：27145936
11. Yamaguchi T, et al. J Neuroeng Rehabil 2022；19：92. PMID：35987778
12. Kitano M, et al. J Phys Ther Sci 2024；36：372-377. PMID：38952461
13. Takimoto K, et al. BMJ Case Rep 2021；14：e242287. PMID：33972306
14. 市川昌志，ほか．リハビリテーション科診療 2021；1：18-22.
15. 原正彦．Early Mobilization Journal 2024；10：1-5.
16. 濱嶋真弘，ほか．Jpn J Rehabil Med 2021；58：450-457.
17. 原正彦．日本臨床麻酔学会誌 2022；42：106-110.
18. 村川雄一朗，ほか．整・災害 2024；67：1483-1487.
19. Michibata A, et al. BMJ Case Rep 2022；15：e244091. PMID：35264398
20. Kawanishi K, et al. Cureus 2024；16：e62433. PMID：39011203
21. Nakamoto M, et al. Int J Environ Res Public Health 2021；18：13267. PMID：34948877
22. 原正彦．治療 2024；106：574-577.
23. 原正彦．運動器疼痛学会誌 2020；12：90-93.
24. Omon K, et al. Prog Rehabil Med 2019；4：20190011. PMID：32789258
25. 村川雄一朗，ほか．神経治療学 2024；41：55-59.
26. 我妻朋美，ほか．神経治療学 2024；41：697-701.

利益相反開示
原正彦は株式会社 mediVR の代表取締役であり，役員報酬に加え会社株式を保有している。

原　正彦（島根大学地域包括ケア教育研究センター 客員教授/株式会社 mediVR 代表取締役）

HP