脊椎マニピュレーションの加速度の計測とその意義 ～頚椎、胸椎および腰椎に対する手技間の比較～*

Measuring acceleration of spinal manipulation and that significance ~Compare the difference of techniques between cervical, thoracic and lumber~

松田恵造*1
Keizo MATSUDA

■要旨
頚椎、胸椎および腰椎に対して脊椎マニピュレーションを行い、部位による加速度の違いを評価し、施術手技の特性と関連づけて考察した。
臨床経験10年以上の男性カイロプラクター２名を施術者、健康な成人６名（男性５名、女性１名、体重50～70kg）を施術の被験者とし、施術者の前腕に加速度測定器を取付け、被験者に対して頚椎、胸椎、腰椎のそれぞれにスラストを伴う脊椎マニピュレーションをそれぞれ1回ずつ行い、そのピーク加速度［G］を測定した。
測定ミスのあった3回を除く33回分の測定データが得られた。ピーク加速度値の範囲は、頚椎1.245－3.241Ｇ、胸椎0.264－5.297Ｇ、腰椎0.168－2.130Ｇであった。
ピーク加速度は、胸椎において施術者間で大きな差が認められた。また、部位別の加速度では頚椎＞腰椎の傾向がみられた。胸椎における加速度の差異は施術者がそれぞれ異なる手技を選択したため、加速度の傾向が頚部＞腰部であったのは、脊椎関節の構造的強度によるためと考えられた。脊椎マニピュレーションにおけるスラストの加速度測定では、発生させる力に対し、施術者が様々な要因を考慮した上で、自身の質量と発生させる加速度を決定していることを示唆していると言えるだろう。そのため、スラストの加速度の計測結果は、それ単独では別な事象の加速度との比較で認識する程度の意義しかないのかもしれない。
スラストの加速度測定については、その意義と発展性をあらためて検討し、今後の研究につなげていく必要がある。
◇キーワード：脊椎マニピュレーション、スラスト、加速度、ジャイロ君３

■Abstract
Consideration of measuring acceleration of spinal manipulation to compare the difference of techniques between cervical, thoracic and lumber.
Cervical, thoracic and lumber spinal manipulations(n=33) by chiropractors(n=2) were included in this study. Acceleration of thrust was measured using application for iPhone, Gyro-kun 3, which was attached on doctor's forearm of his contact hand.
Accelerations of cervical, thoracic and lumber spinal manipulation were from 1.245[G] to 3.241[G], 0.264[G] to 5.297[G] and 0.168[G] to 2.130[G] respectively.
Acceleration of spinal manipulation is adjusted by chiropractor under the factors between chiropractor and patient.
◇*Keywords: Spinal manipulation, Thrust, Acceleration, Gyro-kun3*

Ⅰ．はじめに

カイロプラクティックの臨床の特徴の１つとして、脊椎関節に高速かつ低振幅で瞬間的な外力（スラスト）を徒手的に加える脊椎マニピュレーションが挙げられるだろう。その有効性という点では、腰痛に対する研究報告が多い[1-7]。

そうした有効性の一方で、脊椎マニピュレーションの危険性が医学的研究報告やマスコミなどで取り上げられていることも事実で、その代表例が1991年に厚生省（現厚生労働省）科学研究班によってまとめられた「脊椎原性疾患の施術に関する医学的研究」[8]と言えるだろう。そこでは「頚椎に対する急激な回旋伸展操作を加えるスラスト法は、患者の身体に損傷を加える危険が大きいので行うべきではない」とまで書かれている。

こうした勧告があってもなおカイロプラクティックの学校教育では脊椎マニピュレーションが教育さ

＊日本カイロプラクティック徒手医学会第21回学術大会（令和１年10月）にて一部発表
＊１　ハレルヤ カイロプラクティック（〒231－0015 横浜市中区尾上３－43 横浜パークサイド関内９階）

れ、臨床の現場では実践されている。こうした実状について、カイロプラクティック側はどのように説明すれば社会に納得してもらえるのだろうか。それには次のような回答が妥当なのではないかと思われる。すなわち、脊椎マニピュレーションの安全性（危険性）は「誰が」「どのように」用いるかによって決まるのであって、手技それ自体に内在的な危険性があるわけではない、というものである９）。

そこで筆者らは、脊椎マニピュレーションの安全性（危険性）のうち「どのように用いると安全か」を明らかにすることを最終目標とし、その予備研究として、WHO基準のカイロプラクティック教育を受けて長年にわたって臨床に従事しているカイロプラクターが行う脊椎マニピュレーションの現状調査を行うことを目的として、2015年に頚椎マニピュレーションのスラストの力学的負荷を加速度計測によって推定する実験を行った[10]。その結果、頚椎に対するスラストによって一分節あたりにかかる力は、安全性が高いといわれている頚椎の介達持続牽引力（３～４kgが適当）とほぼ同じ結果が得られた。

脊椎マニピュレーションは頚椎だけでなく胸椎や腰仙部に対しても行われる事実から、今回、我々は頚椎だけでなく胸椎および腰椎についてもスラスト加速度の計測を行い、手技間での比較検討を行ったので報告する。

Ⅱ．対象と方法

１．対象

臨床経験10年以上の男性カイロプラクター２名を施術者、健康な成人６名（男性５名、女性１名、体重50～70kg）を施術の被験者とした。

２．方法

１）用いた脊椎マニピュレーションの手技

脊椎マニピュレーションによるスラスト加速度の計測対象としたのは、頚椎、胸椎、腰椎それぞれ一般的に使用頻度の高いCervical Break（図１）、Crossed Bilateral Transverse Pisiform（図２）、Phalangeo Metacarpal（図３）、Thigh Transverso Deltoid（図４）とした。施術に先立って、臥位となった被験者の脊椎分節に静的触診および可動触診を行い、椎間関節に圧痛と可動域制限を認めた脊椎分節を決定した。施術者の前腕には加速度測定器（後述）を取付け、被験者に対して頚椎、胸椎、腰椎それぞれにスラストを伴う脊椎マニピュレーションを１回ずつ行い、そのピーク加速度［G］を測定した。

図１　頚椎マニピュレーションの代表的な手技、Cervical Break。被験者を仰臥位とし、左回旋制限を示す頚椎分節に対して、頚椎を軽度屈曲、左回旋、右側屈位をとり、該当する椎骨の右関節突起に直接手（Contact Hand：以下ＣＨ）の示指でコンタクトする。スラストは、後方から前方、すなわちＹ軸方向にほぼ一致したベクトルで行う。スラストに伴う加速度は、前腕に装着したiPhoneで測定する。

図２　胸椎マニピュレーションの代表的な手技、Crossed Bilateral Transverse Pisiform。被験者を腹臥位とし、右回旋制限を示す胸椎分節に対して、該当する椎骨の左横突起に施術者の右手であるＣＨの豆状骨でコンタクトし、術者の左手は間接手（Indifferent Hand:以下ＩＨ）と呼ばれ、該当する椎骨の一椎下の右横突起に同じく豆状骨でコンタクトする。スラストは、後方から前方、すなわちＹ軸方向にほぼ一致したベクトルで行う。

図３　胸椎マニピュレーションの代表的な手技、Phalangeo Metacarpal。被験者を腹臥位とし、左回旋制限を示す胸椎分節に対して、該当する椎骨の右横突起に施術者の右手であるＣＨの豆状骨の側面でコンタクトし、術者の左手のＩＨは、該当する椎骨の一椎下の左横突起に同じく豆状骨の側面でコンタクトする。スラストは、後方から前方、すなわちＹ軸方向にほぼ一致したベクトルで行いつつ、スラスト終盤で掬い上げるようなスクープモーションをとる。

図４　腰椎マニピュレーションの代表的な手技、Thigh Transverso Deltoid。被験者を側臥位とし、左股関節および膝関節を屈曲位とする。右回旋制限を示す腰椎分節に対して、該当する椎骨の左乳頭突起に施術者の右手であるＣＨの豆状骨でコンタクトし、術者の左手のＩＨは、肩周辺にコンタクトし、被験者の体を安定させる。スラストは、後方から前方、すなわちＹ軸方向にほぼ一致したベクトルで行い、スラストと同時に施術者は大腿前面で被験者の左下肢を床方向に押すことで腰椎の回旋を促すレバーとして使用する。

２）スラストの加速度の測定方法

スラストの加速度の測定に用いた器材はiPhone６（Apple社）で、３軸（Ｘ，Ｙ，Ｚ）加速度測定アプリケーション「ジャイロ君３」11）をインストールした上でこれを用いた。「ジャイロ君３」は３軸の加速度（Acceleration）、角度（Rotation rate）などを0.02秒毎に連続記録することができるソフトで、CSV形式のファイルとして保存されるデータは後から解析することが可能なソフトである。iPhoneの液晶画面の長軸を前腕長軸方向に一致させるようにして施術者の前腕に装着し、スラストを行った（図５）。

図５　iPhoneに対するジャイロくん３の測定軸方向。
Ｙ軸を前腕長軸方向にセット。

スラストに伴って計測される加速度は、iPhoneの空間座標軸、すなわちＸ軸：iPhoneの長軸に垂直かつ画面に水平方向、Ｙ軸：iPhoneの長軸（Ｙ軸）方向、Ｚ軸：iPhoneの長軸に垂直かつ画面に垂直（Ｚ軸）方向のそれぞれの成分に分解されたデータとして記録される（図６）。実際のスラストではiPhoneは３軸方向に加速度を伴って三次元空間を移動するが、手技特性を考えれば臨床的に最も重要なスラストのベクトルは前腕長軸（Ｙ軸）方向と考えられることから、本研究ではＹ軸方向の加速度を検討対象とした。

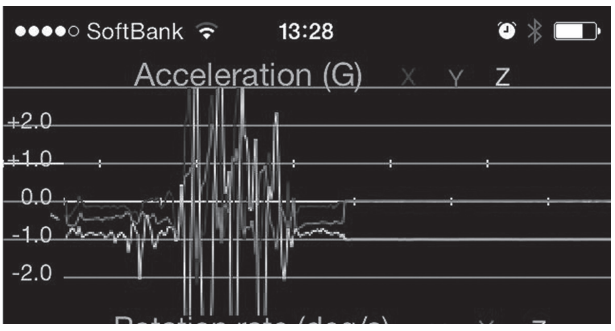

図６　ＸＹＺ軸の加速度を0.02秒毎それぞれを測定可能。

３）スラスト加速度の定義

スラストは静止状態から特定の方向に瞬間的に力を加える手技である。そのため検討するスラスト加速度はピーク加速度から静止状態の加速度（中空に静止している状態は重力と反対方向に重力加速度と同じだけ加速している）を差し引いた値とした。

４）検討の対象とする加速度データ

本研究によって得られた加速度データのなかで検討の対象として採用するか否かは、スラストの成否によって判断した。スラストの成否の判定は、以下の３つの条件、すなわち①スラストに伴ってクラック音が発生したこと、②経時的に測定された連続的な加速度データ上、スラストに伴う加度値の急激な増加が明らかであり、なおかつスラストの開始点がデータ上から明確に判定できたこと（図７、８）、③施術後に、被験者が痛みや不快感などの身体的健康状態に明らかな異常が現れなかったこと、とした。

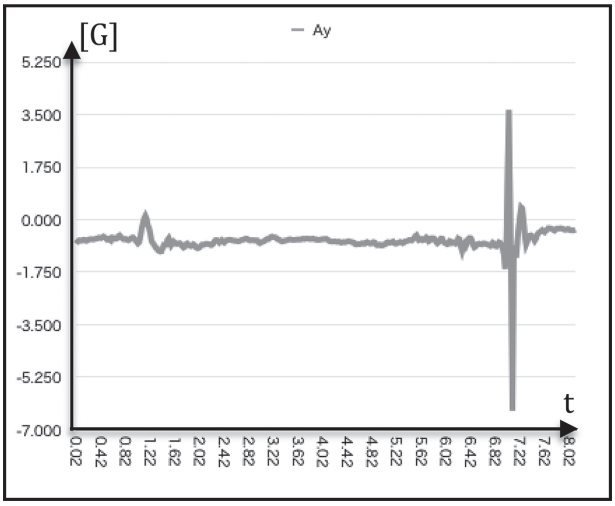

図７　スラストによる瞬間的な加速度の上昇がみられる波形。最大加速度から上昇直前の加速度を差し引いてピーク加速度とした。

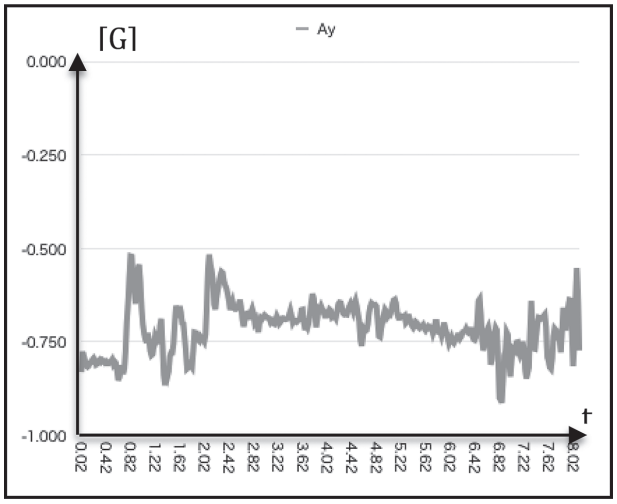

図８　スラストによる瞬間的な加速度の上昇が不明確な波形。検討対象から除外。

Ⅲ．結果

全ての手技でスラストに伴いクラック音が発生した。また、施術後に身体的健康状態に異常が現れた被験者はいなかった。計測したデータの波形が不明瞭であった３例を除き、33例のデータを検討の対象とした（表１）。

施術に伴う加速度は頚椎においては最小で1.245［G］、最大で3.241［G］で、胸椎では最小で0.264［G］、最大で5.297［G］、腰椎では最小で0.168［G］、最大で2.130［G］であった。参考までに、航空母艦のカタパルトの加速度は約2.7Gとされている。

被験者	性別	身長(m)	体重(kg)
A	男	1.68	60
B	女	1.70	60
C	男	1.81	61
D	男	1.60	60
E	男	1.68	61
F	男	1.69	61

表１　被験者データ

被験者	ピーク加速度(G)		
	頚椎	胸椎	腰椎
	施術者 A	施術者 A	施術者 A
A	1.757	0.585	0.805
B	1.370	0.626	0.809
C	2.127	0.264	0.168
D	1.929	1.195	0.561
E	1.245	0.879	0.378
F	1.732	0.907	0.802
平均加速度	1.693	0.743	0.587

表２　施術者Ａの結果

被験者	ピーク加速度(G)		
	頚椎	胸椎	腰椎
	施術者 B	施術者 B	施術者 B
A	3.030	3.062	0.731
B	2.965	4.923	2.130
C	1.590	3.831	1.220
D	1.686	—	—
E	3.241	—	1.024
F	2.520	5.297	0.939
平均加速度	2.505	4.278	1.209

表３　施術者Ｂの結果

Ⅳ．考察

本研究では、脊椎マニピュレーションの危険性に関与する要因としての、施術者側のスラストという力学的負荷に関して検討した前研究を基に、加速度に注目し、部位別による脊柱マニピュレーションのスラスト加速度を比較・検討してみた。脊柱マニピュレーションを定量的に表すのは、測定技術的にも方法的にも困難な要素が多い。そのためか、脊柱マニピュレーションを定量的に表す研究報告はあまり多くなく、あっても測定方法が異なっているため、比較検討が難しい。たとえば、力に関する研究報告12）ではスラストによって発生する力は190.3±85.5［N］、スラストを用いないモビリゼーション13）による力は最小値18.8［N］、最大値66.7［N］、などと報告されている。しかしそれらは、本研究のように加速度測定器をスラストする手の前腕に装着して測定されたデータではなく、被験者が臥床する施術台に取り付けられた測定器材による計測から算出されている。

本研究で測定した結果は、胸椎において最小加速度と最大加速度の差が顕著にみられたが、最小加速度は施術者A、最大加速度は施術者Bであり、平均加速度をみても施術者Aが0.743［G］に対し、施術者Bは4.278［G］と大きな乖離がある。そのため、この差は胸椎において施術者A,Bがそれぞれ異なる手技を選択したためと考えられる。発生させる力（F）＝質量（m）×加速度（a）を用いて考えると、同じ力の発生だとしても選択した手技が加速度重視の手技か、質量重視の手技かで測定結果は異なってくる。しかし今回の加速度の差を手技特性だと言い切るにはより多くのデータを収集したり、また、施術者AとBが本研究で選択した手技を入れ替えてスラストの加速度を測定する必要があるだろう。本研究は頚椎、胸椎、腰椎という部位別で手技間を比較することを前提としたが、同一部位で異なる手技を測定することで、その手技個別の特性を見出すことにつながる可能性もある。そして手技個別の特性が明かされることは、施術者がクライアントの安全を担保し、脊柱マニピュレーションを成功させる手技を選択する有益な情報のひとつとなるかもしれない。

一方、同一手技を選択した頚椎と腰椎の平均加速度は、それぞれ頚椎において施術者Aで1.693［G］、施術者Bで2.505［G］、腰椎においては施術者Aで0.587［G］、施術者Bで1.209［G］であり、胸椎の様な顕著な差はみられなかった。ちなみに上述した2015年に頚椎マニピュレーションのスラストの力学的負荷で計測された頚椎へのスラスト加速度は最小0.802［G］、最大で1.656［G］、平均1.139［G］であった。前研究では本研究の施術者よりも経験の浅い施術者もいたことも考慮すれば、頚椎へのスラスト加速度は概ね１～2.5［G］くらいなのかもしれない。なお、前研究で選択した頚椎の手技も本研究と同一手技である。

手技間における加速度の大きさの傾向としては施術者Aでは頚椎＞胸椎＞腰椎の順で、施術者Bでは胸椎＞頚椎＞腰椎であり、両者とも腰椎への手技で最も加速度が低かった。脊椎の構造上、スラストによって最も大きい力を発生させる必要があるのは腰椎であると考えられるが、その腰椎に対して施術者A,B共に他の部位よりも加速度が低いということは、腰椎の手技では頚椎に比べて、質量（m）つまり施術者の体重によって加速度をカバーし、力を発生させる手技特性と考えられる。

胸椎に対する異なる手技間での加速度の違い、頚椎と腰椎という構造上の違いによる加速度の違いは、施術者が脊柱マニピュレーションを成功させるために最適な力の発生を予測し、自らの要因とクライアント側の要因を考慮した上で手技を選択し、その手技特性によって加速度と質量を調整しているこ

とを示唆していると言えるだろう。

本研究では加速度の算出を単純化するため、スラストの前腕長軸方向、すなわちＹ軸方向の加速度についてのみを検討の対象とし、さらにそのスラストは終始、同一直線上で行われていると仮定した。実際のスラストは三次元空間を移動するため、厳密に加速度を検討するためにはより複雑な計算過程が必要となることは明らかである。しかし、スラストの手技特性を考えれば、本研究で設定した上記の仮定はスラストの本質を大きく逸脱するものではないと考える。

また、今回測定した加速度は施術者の直接手（ＣＨ）によるスラストの加速度であるが、実際には部位を支えている間接手（ＩＨ）の側からもスラストに連動して僅かながら力が作用し、加速度が発生する。たとえば本研究の頚椎で用いたテクニック（Cervical Break）はＣＨとＩＨがお互いに向き合う方向に動くため、実際の脊椎マニピュレーションで発生している加速度はスラストの加速度プラスＩＨの加速度であると考えられる。逆にスラスト方向と対象部位を同一方向に動かすテクニック（Cervical Rotation）では、スラストの加速度マイナスＩＨの加速度と考えられる。そのため、本研究で算出された加速度が実際に被験者が受けるスラストの加速度のすべてではない、と言うことに留意が必要である。

スラスト加速度は部位別、手技別によって特徴はあったものの、その大きさは対象部位に加える力の大きさを決定する一つの要素であり、施術者側、被験者側のそれぞれの要因によって、意識的に決定されるものであり、スラストの加速度測定それ単独では別な事象の加速度との比較で認識する程度の意義しか持たないかもしれない。本研究については、その意義と発展性をあらためて検討し、今後の研究に繋げていく必要がある。

Ⅴ．まとめ

1）脊柱マニピュレーションの安全性に対する社会的認識に対して、脊柱マニピュレーションそれ自体を定量的に表す試みとして行った前研究をもとに、頚椎、胸椎、腰椎でスラストの加速度を測定し、その加速度を手技間で比較した。

2）頚椎と腰椎の加速度は頚椎＞腰椎であり、頚椎の手技は加速度重視、腰椎の手技は質量重視の手技と考えられる。

3）胸椎における加速度の顕著な差より、同一部位に対してでも施術者の選択する手技によって加速度が大きく変わる可能性がある。

4）施術者は脊柱マニピュレーションを成功させるために最適な力の発生を予測し、自らの要因とクライアント側の要因を考慮した上で手技を選択し、その手技特性によって加速度と質量を調整していると考えられる。

文献

1．Shekelle PG, et al. : The Appropriateness of Spinal Manipulation for Low-Back Pain: Project Overview and Literature Review. Santa Monica, RAND Corporation, 1991

2．Manga P, et al. : The Effectiveness and Cost-Effectiveness of Chiropractic Management of Low-Back Pain. Canada, Manga and Associates, 1993

3．Bigos S, et al. : Acute Low Back Problems in Adults. Clinical Practice Guideline No.14, Rockville, Maryland, US Department of Health and Human Services, 1994

4．Waddell G, et al. : Low Back Pain Evidence Review London: Royal College of General Practitioners, 1999

5．Airaksinen O, et al. : COST B13 Working

Group on Guidelines for Chronic Low Back Pain. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. Eur Spine J. 15: S192－300, 2006

6．Chou R, Qaseem A, Snow V, Casey D, et al. Diagnosis and treatment of low back pain: a joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. Ann Intern Med 147: 478－491, 2007

7．日本整形外科学会，日本腰痛学会:腰痛診療ガイドライン, 2012.

8．三浦幸雄、他：脊椎原生疾患の施術に関する医学的研究.平成２年度厚生科学研究, 1991

9．竹谷内克彰：ヘルシー・エイジングに役立つカイロプラクティック～複雑系思考による腰痛の認識とカイロプラクティックの意義．医学と看護社、東京、2014

10．松田恵造、黒崎勇人、尾口修平、森龍生、竹谷内克彰：頚椎マニピュレーションの力学的負荷～スラストの加速度測定による予備研究～．Dynamic load caused by cervical spinal manipulation; A pilot study by measuring acceleration of thrust on the basis of equation of motion. 日本統合医療学会誌 第８巻第１号：106－111, 2015

11．池田憲昭、他：iPhone/Android Appli.<http://soul.ahs.kitasato-u.ac.jp/~ikeda/>［Accessed 2015 Jun 31］

12．Symons B, Wuest S, Leonard T, Herzog W. Biomechanical characterization of cervical spinal manipulation in living subjects and cadavers. J Electromyogr Kinesiol. 2012; 22: 747－751.

13．Suzanne JS, Darren AR, Val JR. Manual forces applied during cervical mobilization. J Manipulative Physiol Ther. 2007; 30: 17－25.