

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 19 日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350702

研究課題名(和文) Scammonの発育曲線の検証と身体機能発達曲線モデルへの展開

研究課題名(英文) Verification regarding Scammon growth curve and an approach to physical function development curve

研究代表者

藤井 勝紀 (Fujii, Katsunori)

愛知工業大学・経営学部・教授

研究者番号：10165326

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトのプロポーションの変化は進化の結果によってもたらされたヒト特有の現象と言える。しかし、この現象を明確に検証した報告はない。ただ、Scammonの発育曲線を都合よく利用して、発育パターンの違いから説明してきた経緯はある。本研究は、ヒトの発育システムの標準化をScammonの発育曲線を再検証するプロセスから構築した。Scammonは4つの発育パターンを提唱してきたが、本研究では3パターンが導かれ、ヒトの発育システムは神経型、リンパ型、一般型の3パターンの新たなFujimmonの発育曲線を提唱するに至った。そして、同一スケールによるFujimmonとScammonの比較発育曲線を提唱する。

研究成果の概要(英文)：The Fujimmon growth curves have been proposed as standardization of a new human growth system. Analysis of the changes in human body proportions with this may be considered significant. Therefore, the theory proposed by Scammon was first examined in order to investigate a standardization of the human growth system, construct a new growth curve model as a standard growth pattern for humans. As the results, that the velocity curves in general type visceral growth and genital type testicular growth can be shown to be very similar is something that seems to have been demonstrated for the first time by Fujii (2016). This proposal for the Fujimmon growth curves as a standardization of the human growth system may make it possible to verify the changes in human proportions formed from three patterns, a neural type, lymphoid type, and general type. Fujimmon's and Scammon's growth curves are compared on the same scale for easy understanding of the differences in the model patterns.

研究分野：発育発達

キーワード：Fujimmon Scammon 発育パターン ウェーブレット補間モデル 相互相関関数

1. 研究開始当初の背景

Portmann (1961)は「人間はどこまで動物か」の中で、人間は生まれた時は全く能なしであり、生理的早産であると言っている。人間は約 20 年ほどで成体になるが、霊長類では最も遅い。つまり、ヒトの進化過程から判断すれば、出生時の「能なし」状態に意味があるのである。筆者(2013)によれば、4 つ足動物でも大型の場合、体重は 2 年程度で成体となり、その体重発育曲線はヒトの発育曲線とは異なり、Scammon (1930)の発育曲線を参照すれば、神経型のような発育曲線を示す。つまり、思春期がないのである。サルなどはヒトほど長くはないが、サルの体重発育では僅かな思春期ピークを示す。哺乳類では四足動物の発育は身体部位による発育パターンの違いはなく、画的に発育する。要するに、プロポーションの変化がないのである。例えば四つ足動物では生まれた時のプロポーションと成体でのプロポーションに大きな変化はない。しかし、ヒトは出生時と成体でのプロポーション(頭身変化)は大きく違う。ヒトの場合、成体で 7~8 頭身が多いが、出生直後は 4 頭身程度であり、胎児では 3 頭身の時期もある。このような発育に伴う頭身の変化はヒト特有かもしれない。では何故このような頭身の変化が見られるのであろうか。やはり思春期現象がキーワードになるのではないだろうか。つまり、頭のサイズは四足動物のように発育の前半で成体に近くなるが、身体のサイズはそれ以後も発育を継続するためであろう。よって、相対的にプロポーションの変化が生じたのであろう。これはヒトの直立二足歩行と大きな因果関係があり、進化の結果であると考えられる。ヒトにとって脳の発育は重要な位置づけであり、脳を保護し、活発な成長を促すためには思春期と言う時期が必要であり、この時期に脳の充実を図る必要があると推測できる。したがって、今日のヒトのプロポーションの変化が定着化したわけである。

そこで、従来まで人の発育現象を論じる場合、Scammon の発育曲線がその論拠の基礎的な核を占めていた。しかし、Scammon の発育曲線は 85 年以上前に提唱した理論であり、コンピューターの存在しない時代で構築された理論である。科学万能の現代において、85 年以上経過した理論がはたして有効なのか当然検証されるべきである。今まで明確に検証された報告はない。その理由は検証すべき方法論が確立されていないことが挙げられる。このような背景から、先ずヒトの発育システムの標準化を検討するために Scammon が提唱した理論を再度検証する必要がある。

2. 研究の目的

以上の背景から、先ず、Scammon の発育曲線の信憑性について、ウェーブレット補間モデルを適用することで、臓器発育等の曲線記

述を可能にすることで、その速度曲線の挙動から検証するものである。基本的にはその信憑性は認められると仮説しているが、あくまでも発育曲線の信憑性であって、4 つの発育パターンが独立した発育モデルとして検証するわけではない。発育モデルパターンの独立性を検証するにはパターンの相違性が客観的に明確化されなければならない。そのためには相違性の対極にある類似性が判断できる手法が必要であるが、発育曲線および速度曲線の類似性を検証する方法が確立されていないのである。よって、類似性の検証方法を確立するためには、類似性を計量化するために発育曲線と速度曲線を数値化しなければならない。そして、数値化された曲線間の相互関係を解析するための統計手法として、2 つの曲線間において片方の曲線を折りたたむことによりその変化を解析する Cross correlation function (相互相関関数)を提唱する。しかし、相互相関関数を適用するためには、最低限発育曲線が関数化できなければならない。そのためには藤井(2006)が提唱したウェーブレット補間法によって発育曲線を近似することが必要となる。そして、ウェーブレット補間法によって数値化された曲線に対して相互相関関数の適用が可能となる。このことから、ウェーブレット補間法と相互相関関数の併用法に基づき類似性と同時に相違性を検証することができる。このような手法の確立によって Scammon の発育曲線を再検証し、ヒトの標準的な発育パターンとして新たな発育曲線モデルが構築され、その発育モデルパターンを Fujimmon の発育曲線として提唱し、両発育曲線のモデルパターンの違いを分かりやすく、同一スケールで比較発育曲線を提唱する。

3. 研究の方法

1) 資料

Scammon の発育曲線から分類される 4 つの諸属性として、高石ら(1981)が示している脳重量(神経型として)、胸腺、扁桃腺(リンパ型として)、睪丸(生殖型として)、肝臓、心臓(一般型として)の 1 歳から 20 歳までの横断的発育データを使用した。

2) 解析手法

ウェーブレット補間モデル

ウェーブレット補間法(Wavelet Interpolation Method: WIM)は、与えられた発育データから真の発育曲線を近似的に記述するために、データとデータをウェーブレット関数によって補間し、発育現量値曲線を描き、その描かれた現量値曲線を微分して得られた発育速度曲線を導き、思春期ピークや初経年齢時の発育現量値を調べる方法である。ウェーブレット補間法の有効性については、局所的現象を敏感に読み取り、近似の精度が極めて高いことである。その理論的背景の詳細や有効性の根拠については、藤井によ

る先行研究(1995) (1996) (1998) (1999)です
 で述べてあるので省略する。

相互相関関数

相互相関関数とは、2つの波形の類似性を表すために用いられる関数で、以下に示した関数の片方を畳み込むことによって相互相関関数を求めることができる。さらに、類似している部分があれば、どの程度の時間差があるのかを調べることもできる(松浦ら, 2006; 山田ら, 2006)。そこで本研究では、双生児の体格、Scammonの発育曲線として分類される各種臓器および運動能力の発育発達現象値に対してウェーブレット補間法を適用し、微分して導かれた速度曲線の数値に対して相互相関関数を想定することになる。算出された2つの速度曲線の数値をそれぞれ $x'(t)$, $y'(t)$ とすると、平均値を差し引いた変動 $x(t)$, $y(t)$ は、 $x(t)=x'(t)-\mu$ 、 $y(t)=y'(t)-\mu$ となる。この変動 $x(t)$, $y(t)$ を用い、一方のデータに与える時間のラグ、 n をデータ数とすると、相互共分散は次のように定義される。

$$C_{xy}(\tau) = \overline{x(t)y(t+\tau)} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t)y(t+\tau) dt$$

この相互共分散 $C_{xy}(\tau)$ を2つの速度曲線の数値 $x'(t)$, $y'(t)$ の標準偏差で正規化したものが相互相関であり、次のように与えられる。

$$R_{xy}(\tau) = \frac{C_{xy}(\tau)}{C_x(0)C_y(0)N-j} = \frac{\overline{x(t)y(t+\tau)}}{\sqrt{x^2} \sqrt{y^2}}$$

このようにして算出する相互相関関数 $R_{xy}(\tau)$ を用いて、解析を行った。

4. 研究成果

1) Scammonの発育曲線の再検証

Scammonは基本的にヒトの発育システムを4つのパターンに分類することで発育の標準型とした。それは、図1に示したように、一般型、神経型、リンパ型、生殖型の4つの発育標準パターンである。

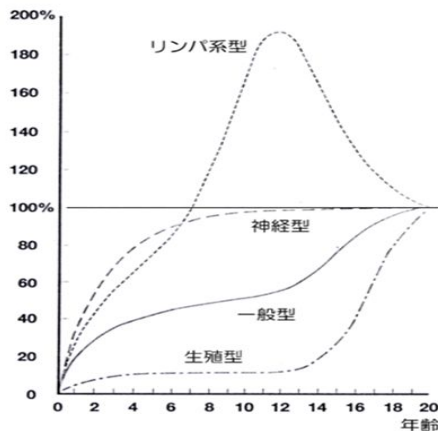


図1 Scammon (1930)のアイデアで作図した身体
 の4つの発育曲線パターン

図1に示した Scammonの発育グラフはフリー
 ハンドによる推定の発育曲線なので、発育
 システムを標準化できたわけではない。つまり、
 藤井(2015)によれば、ヒトの発育現象は
 Scammonが提唱したように大きく4つの発育
 標準型を形成していることは確認できたが、
 発育の標準型を4つのパターンに設定した根
 拠が明確ではない。そこで先ず、これら4つ
 の発育曲線パターンが独立した曲線パター
 ンを示すのか、その点を検討する必要がある。
 それには、発育曲線間の類似性と相違性に
 ついて相互相関関数を適用することで検討を
 試みた。

図2はウェーブレット補間モデルによつて
 記述された睾丸重量の発育であり、図3は脳
 重量の発育であるが、その発育速度曲線間の
 類似性と相違性を解析するために相互相関
 関数を適用した結果が図8に示してある。こ
 の結果は $r = -0.446$ で逆相関が示された。
 つまり、神経型である脳重量と生殖型である
 睾丸の発育では相違性が明確となった。こ
 のように、各パターン間の相違度は異なる
 と考えられるので、このような方法で他の
 身体諸属性間においてそれぞれの相違度を
 相互相関関数から導いた。その結果、脳重
 量(神経型)と胸腺(リンパ型)では $r=0.743$
 程度あり、脳重量と肝臓(一般型)におい
 ては $r=-0.639$ と逆相関が示された。次に、
 胸腺と睾丸では $r=-0.70$ 、胸腺と肝臓
 では $r=-0.860$ 、さらに睾丸と肝臓では
 $r=0.94$ とかなり高い相関を示した。こ
 のように、明らかに4つのパターン間にお
 ける相互相関係数は異なり、パターン判
 別が可能であることが示された。

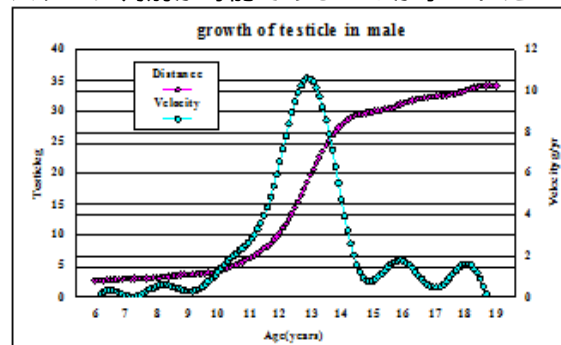


図2 ウェーブレット補間モデルによる睾丸
 重量の発育

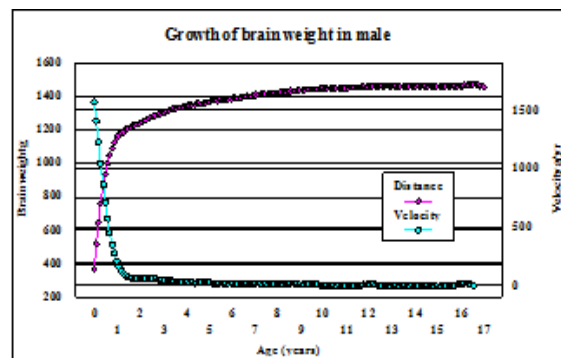


図 3 ウェーブレット補間モデルによる脳重量の発育

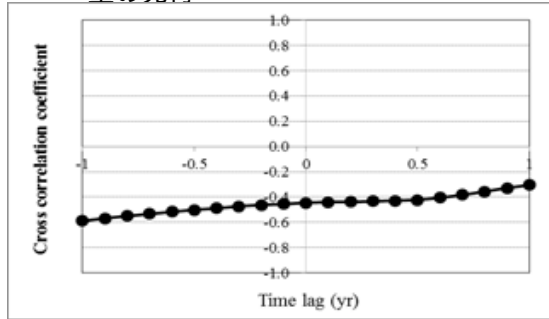


図 4 睪丸重量と脳重量との相互相関関数

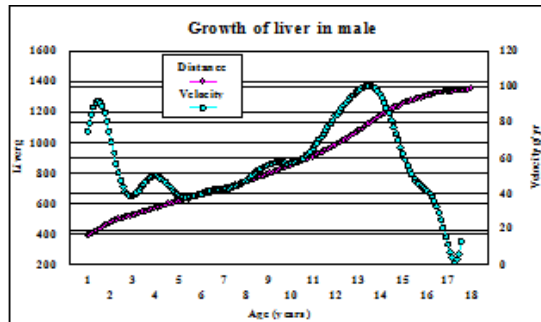


図 5 ウェーブレット補間モデルによる肝臓重量の発育

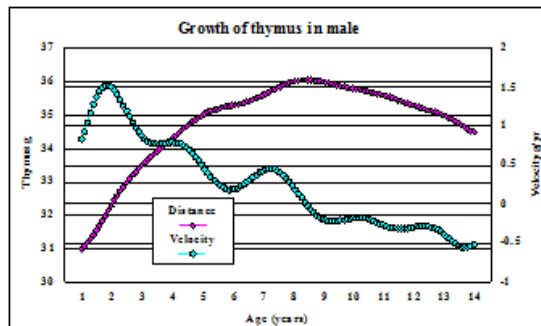


図 6 ウェーブレット補間モデルによる胸腺重量の発育

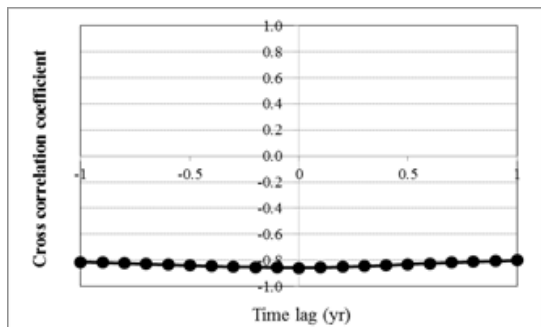


図 7 肝臓重量と胸腺重量との相互相関関数

しかし一方で、以外にも脳重量と胸腺の類似の可能性や、睪丸と肝臓の極度の類似の可能性も指摘された。したがって、相互相関関数適用の結果、発育システムの標準化パターンとして判別されるのは、神経型、リンパ型、一般型の標準化パターンの3パターンが形成される。そして、従来から Scammon が分類した生殖型は一般型に分類され、つまり、一般

型の中に形態・臓器型発育パターンと生殖型発育パターンが分類されることで新たな発育システムの標準型が形成される。

2) Fujimmon の発育曲線の提唱

藤井 (2015) は Scammon の発育曲線について再検証を試み、同じ思春期急増現象を示す一般型と生殖型を同じパターンと考えた。そして、新たな発育曲線として Fujimmon 曲線を提唱した。図 8 は Fujimmon の発育曲線として分類される神経型、リンパ型、一般型発育タイプの曲線である。従来の Scammon の発育曲線と比較すると、神経型タイプは幼児期でほぼ成人値近くにまで発育が完了している点である。リンパ型タイプは思春期に 200%まで発育をするわけではなく、130%程度までが発育のピークと考える方が妥当であろう。一般型タイプは従来の Scammon の発育曲線における一般型タイプとそれほど大きく異なっているわけではない。しかし、シグモイド状が Scammon の一般型発育タイプほど極端に形成されていない。この点はフリーハンドと関数で描かれた曲線との違いといえる。

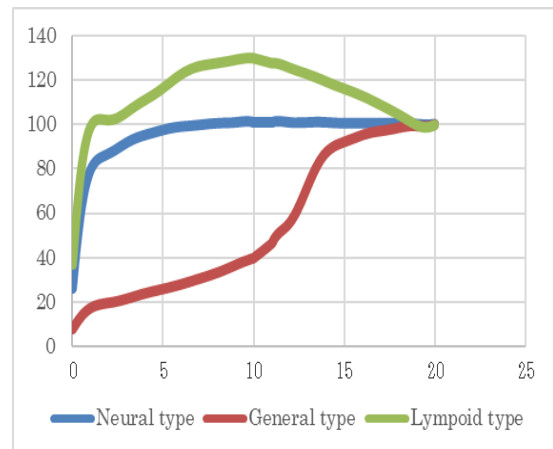


図 8 Fujimmon の発育曲線の 3 つの発育パターン

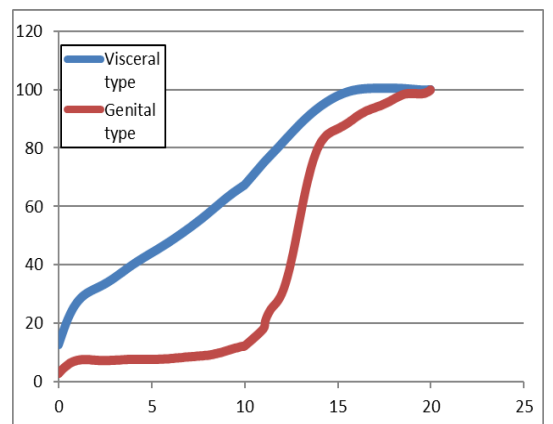


図 9 一般型における形態・内蔵型と生殖型パターン

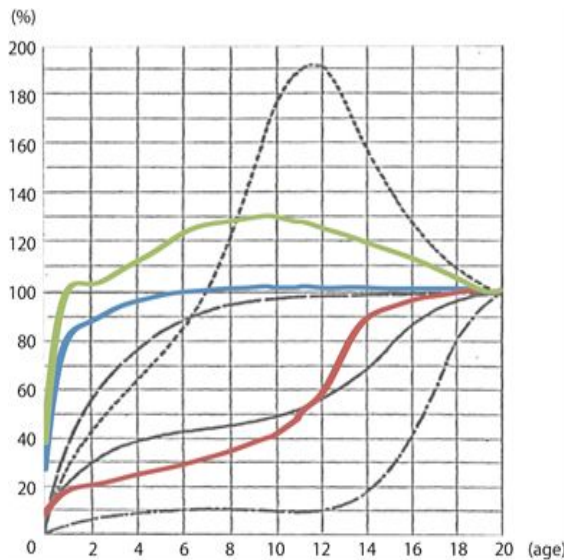


図 10 ウェーブレット補間モデルによって記述された Fujimmon と Scammon の比較発育曲線

図 9 は一般型発育タイプの中の形態・内臓型タイプと生殖型タイプの曲線であるが、生殖型タイプはあくまでも一般型に分類され、その中の一般型から分割されるタイプとして認識される発育タイプである。一見、大きく異なっているように見えるが、思春期ピークを出現している点は非常に類似性が高い。さらに、これら形態・内臓型タイプと生殖型タイプの曲線はロジスティック曲線と近似する。つまり、ロジスティック方程式の分母の係数によって曲線の様子が変化するように、この両タイプの曲線もその変化の様子がロジスティック曲線と類似している。したがって、ロジスティック曲線というタイプの枠でこれら両形態・内臓型タイプと生殖型タイプは同じ一般型タイプとして分類される。したがって、Fujimmon の発育曲線としては神経型、リンパ型、一般型の 3 つの発育曲線モデルをヒトの発育システムの標準化として提唱できるであろう。図 14 は新たに Fujimmon と Scammon の比較発育曲線を記述したグラフである。この比較発育曲線から分かるように、Fujimmon の神経型タイプの方が早い時期に成人に達するし、リンパ型タイプは成人値の 2 倍ではなく 130%~140%程度であることが妥当である。さらに、一般型タイプでは Scammon の一般型と生殖型の間での発育パターンを示すことが理解される。

主な参考文献

Adolf, Portmann (高木正孝 訳) (1961) どこまで動物か 新しい人間像のために、岩波新書、東京。

高石昌弘, 樋口満, 小島武次 (1981) からだの発達 - 身体発達学へのアプローチ - 大修館書店, 東京。

高石昌弘 (2003) 発育発達と子どものからだ, 子どもと発育発達, Vol. 1 (1), 9-12.

Fujii, K, (2006) A scientific approach to growth and development - Physical information science for growth and development & health - . Sankeisha, Nagoya

藤井勝紀 (2015) スキャモンの発育曲線の諸課題, 子どもと発育発達, 12 (4), 243-253.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

Katsunori Fujii, Growth and Development & Scammon's Growth Curve, Korean Society of Growth and Development program, 査読有, 2014, 61-64.

Katsunori Fujii, Jun Dong Kim, Keun Ju Park, Change in Muscle Percentage with Age and Scammon's Growth Curve, THE ICHPER·SD ASIA JOURNAL OF RESEARCH, 査読有, vol. 6(2), 2014, 57-64.

藤井勝紀, スキャモンの発育曲線の諸課題, 子どもと発育発達, 査読有, vol. 12, 2015, 243-255.

Katsunori Fujii, Jun Dong Kim, Establishment of a Measurement System for Similarity of Monozygotic and Dizygotic Twins, The ICHPER·SD Asia Journal of Research, 査読有, Vol. 7(1), 2015, 27-33.

藤井勝紀, ヒトのプロポーション変化の検証, 教育医学, 査読有, Vol. 61, 2015, 172-179.

Katsunori Fujii, Proposal for Fujimmon's Growth Curve & Verification of Changes in Human Proportions, The Korean Society of Growth and Development, 査読有, 2016, 15-27.

Katsunori Fujii, Jun-Dong Kim, Verification of Changes in Human Proportions based on Fujimmon's Growth Curve, THE ICHPER·SD ASIA JOURNAL OF RESEARCH, 査読有, 2016, Vol. 8(1), 1-7.

藤井勝紀, 人の発育システムの標準化によるプロポーション変化の検証, 標準化研究, 査読有, 2016, Vol. 14(1), 19-37.

藤井勝紀, 思春期発育からみた発育発達研究の課題 生物学的パラメータからの視点, 子どもと発育発達, 査読有, 2016, Vol. 14(2), 109-117.

藤井勝紀, 田中望, 双生児の人格規格における成長の類似性評価の標準化, 標準化研究, 査読有, 2016, Vol. 15(1), 101-116.

〔学会発表〕(計 14 件)

藤井勝紀, 双生児の類似性に関する科学的検証, 教育医学, 査読無, 2014, 8, 19, vol. 60, 108-109. 岐阜大学
Katsunori Fujii, CONFIRMATION REGARDING SIMILARITY AND DISSIMILARITY TO PHYSICAL GROWTH CURVE OF TWINS BY CROSS-CORRELATION FUNCTION, 19th CONGRESS of THE EUROPEAN ANTHROPOLOGICAL ASSOCIATION PROGRAM, 査読有, 2014, 8, 27, p51. Moscow, Russia
藤井勝紀, Scammon の発育曲線の信憑性 - ウェーブレット補間法による臓器発育の解析 -, 体力科学, 査読有, 2014, 9, 19, vol. 63(6), p627. 長崎大学
Katsunori Fujii, Credibility of Scammon's growth curves, JOURNAL OF HUMAN ERGOLOGY, 査読有, 2014, 6, 29, VOL. 43(2), P109. 東京農工大学
藤井勝紀, 一卵性と二卵性双生児の類似性に関する計量化の確立, 日本発育発達学会 第 13 回大会 プログラム・抄録集, 査読無, 2015, 3, 16, P79. 大阪成蹊大学
Katsunori Fujii, Re-investigation of Scammon's growth curve - Independence of four growth curve patterns -, Journal of Education and Health Science, 査読無, 2015, 8, 22, Vol. 61 (1), 93-94. 関西学院大学
Katsunori Fujii, CHANGE OF MUSCLE PERCENTAGE WITH AGE AND SCAMMON'S GROWTH CURVES RELATIONAL COMPOSITION OF CHANGE IN BMI AND FAT PERCENTAGE WITH AGE, 3RD WORLD CONGRESS on Controversies, Debates & Consensus in Bone, Muscle & Joint Diseases, 査読有, 2015, 4, 24, p72. Montreal, Canada
Katsunori Fujii, ESTABLISHMENT OF MEASUREMENT SYSTEM REGARDING SIMILARITY OF MONOZYGOTIC AND DIZYGOTIC TWINS, 20TH annual Congress of the European College of Sport Science ECSS Malmo, 査読有, 2015, 6, 25, Abstracts, P198. Malmo, Sweden
藤井勝紀, Scammon の発育曲線を再検証する - ウェーブレット補間モデルによる内臓諸器官の解析 -, 日本体育学会 第

66 回大会予稿集, 査読無, 2015, 8, 27, P250. 国土館大学

藤井勝紀, 「ヒトの発育システムの標準化によるプロポーシオン変化の検証」, International Society for Standardization Studies, The 4th International Conference, 査読有, 2015, 11, 28, P138-141. Mingdao University, Taiyuan

Katsunori FUJII, RE VERIFICATION WITH REGARD TO SCAMMON'S GROWTH CURVE ANALYSIS BASED ON WAVELET INTERPOLATION MODEL AND CROSS CORRELATION FUNCTION, 21st Annual Congress of the EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE, Book of Abstracts, 査読有, 2016, 7, 7, p618. Vienna, Austria
Katsunori FUJII, Nozomi TANAKA, Standardization of Similarity Evaluation of Growth in Twins' Human Body Standard, International Society for Standardization Studies The 5th International Conference, 査読有, 2016, 7, 30, p129-132. 愛知工業大学自由が丘キャンパス

藤井勝紀, Scammon の発育曲線を再検証する Fujimmon の発育曲線の提唱, 教育医学, 査読無, 2016, 8, 19, Vol. 62(1), p112-113. 三重大学

藤井勝紀, Fujimmon の発育曲線の提唱, 日本体育学会 第 67 回大会予稿集, 査読無, 2016, 8, 26, p214. 大阪体育大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤井勝紀 (Katsunori Fujii)
愛知工業大学・経営学部・教授
研究者番号: 26350702