

胎動の計測と胎動の再現が可能な胎動共有システムの提案

小坂崇之^{†1}

概要：胎動は、妊婦自身が定期健診以外で、胎児の健康状態を自覚できる有効な手法の一つとされている。自覚する胎動は妊婦の主観によるものがほとんどのため、経験の乏しい初産婦には胎動を自覚できるまで時間がかかるのが現状である。そこで胎動の計測を妊婦自身による観察ではなく客観的に計測する必要性が求められている。また、胎動は、妊婦のみが自覚が可能であり、父親や周りの家族が胎動を感じることは困難である。われわれは、夫や家族が妊婦の妻の胎動を共有することができれば、妊婦の妻だけでなく、生まれてくる子供に対して、愛情をもって接することができるのではないかと考えた。本研究では、圧力センサを腹部に複数配置することで、胎動の場所と強さを客観的に計測する胎動スキャナを用いて胎動を計測し、胎動スキャナで計測した胎動を拡張し疑似的に腹部に再現できる胎動ディスプレイの提案と、胎動の共有が可能なシステムの提案をおこなった。

1. はじめに

妊娠・出産は、人間が存続する上で欠かせない行為である。われわれは誰も母親の胎内で命を授かる。精子と卵子が結びつき、生命のもとである受精卵になり成長を続ける時期になると胎動を感じ出産を迎える[1]。胎動とは『母胎内で胎児が動くこと。また、その動き。』と表現されている。胎動の自覚には個人差があり、早い人で妊娠 16 週ごろから、多くは妊娠 20 週前後、遅くとも妊娠 22 週ごろまでには初めての胎動を感じる。そして妊娠 30 週後半より胎動は減少し、分娩が近づき胎児の頭が骨盤内に侵入すると、さらに胎動が減少するとされている[2][3]。胎動を感じる時期については個人差が大きく、また、経験の乏しい初産婦よりも経産婦のほうがより早期に胎動を感じるといわれている[4]。大寺ら[5]は、胎動は、胎児の健常性を評価するために有効な方法であると述べている。

胎動は胎児の健康状態を妊婦自身が自覚できる有効な手法の一つとされており、容易に行える方法として胎動カウント法がある[6]。毎日、10 回の胎動を自覚するのに要した時間を計測し、指定のチャートに記入し成長週数ごとの胎動の回数をチェックする手法である。胎動の感じ方、回数は個人差が大きいとされ、他人と比較するのではなく、いつもと同じかどうかを常に留意することが重要であるとされている[2]。一般的には異常のないことが多いが、胎動が減少したと感じた場合、病院で受診したほうが良いとされる。妊娠検診で異常なしと診断を受け、2 日前から胎動が減少したが「妊娠検診で大丈夫と言われた」からと受診せず、翌週の受診時には胎児が死亡していたという症例[2]や、胎動カウント法により早期の受診で胎児の救命に結びついた症例[7][8]も報告されている。しかし、胎動カウント法が胎児の死亡率を減少させる手法として有効かについては明らかになっていない。胎動カウント法と病院の的確なバックアップ体制によって胎児の死亡率が 0.81%から 0.21%へ減少したという報告[9]もあるが、Grant ら[10]の調

査では有意な差はでなかったとの報告もある。桑田ら[11]は、胎動減少は胎児の死亡を予知する可能性が高いが、胎動カウントが死亡率低下に有用か否かは未解決である。しかし、胎動カウントは運動異常胎児の出生前診断に有用かもしれないと述べている。また Mangesi [12]は、胎動カウント法を全妊婦に行うことの有効性に関して十分な根拠がないが、間接的には有効とする根拠もあるので、今後の研究が期待されると述べている。

このように胎動カウント法が、胎児の死亡減少率低下に有効かは明らかになっていないが、定期健診以外で、妊婦自身が胎児の健康状態を自覚する上で、胎動カウント法は有効な手法ともいえる。しかしながら、胎動を毎日カウントしチャートに記入するのは、煩雑であり手間がかかる。また、自覚する胎動は、妊婦の主観によるものが多く、初めて胎動を感じる初産婦には胎動を自覚できるまで時間がかかるのが現状である。胎動を妊婦の主観ではなく客観的に計測する必要性が求められる。

胎動は胎内の子供からの物理的なコミュニケーションであると言える。胎動を感じることで子供への愛情をより深く感じることができる。Condon[13]は、胎動を初めて経験した後、妊婦の胎児への愛着が急激に拡大することを報告している。また、河井ら[14][15]は、胎動が妊娠期の母性行動をもっとも触発し、胎動によって、妊婦の気持ちをポジティブに維持されると報告している。また、小林[16]は、父親になる準備として早期から胎児画像を見て胎動に触れることが効果的であると述べている。このように妊婦だけでなく父親に対しても胎動は重要な役割を担っているといえる。しかし、胎動は妊婦の胎内で発生するため、体外にいる父親や家族が胎動を感じることはできない。父親や家族が妊婦の胎動拡張し共有することができれば、妻に対してだけでなく、生まれてくる子供に対して、愛情をもって接することができるのではないかと考える。

本研究では、圧力センサを腹部に複数配置することで、胎動の場所と強さを客観的に計測する胎動スキャナを用いて胎動を計測し、胎動スキャナで計測した胎動を拡張し疑似的に腹部に再現できる胎動ディスプレイの提案と、胎動

^{†1} 神奈川工科大学
kanagawa institute of technology

の共有が可能なシステムの提案をおこなった。

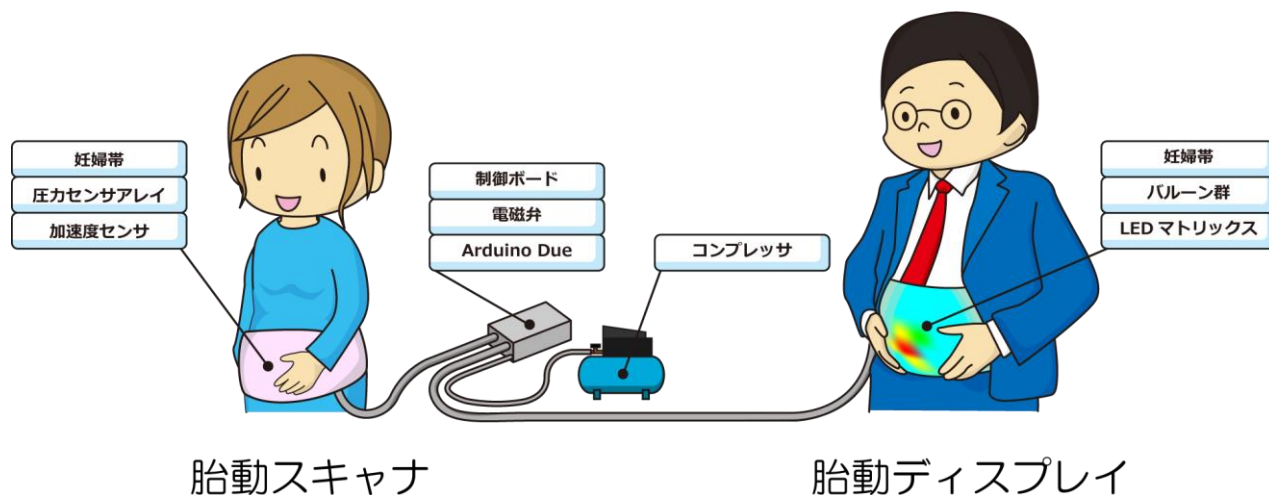


図 1:胎動共有システム システム構成図

2. 関連研究

胎児の健康状態を評価する手法として、腹部に超音波プローブを当て、胎児の状態を映像で観察できる超音波診断が普及している[17][18]。近年では3Dや4D超音波診断も開発され胎児の様子を3Dや動きのある映像で観察することが可能である[19]。しかし、これらは医療機器であり、医療機関以外の場所で、胎動の有無を客観的に計測することはできない。家庭で客観的かつ簡単に、長期にわたって胎動を計測する方法としてFMAM recorder [20][21]が挙げられる。これは、妊婦が睡眠中であっても胎動を計測できる胎動計である。胎動によって生じた母体腹壁の振動を静電容量型加速度センサでとらえた胎児の動きを振動として胎動の有無を記録している。

われわれは、複数の圧力センサを腹部に装着することで皮膚表面上に現れる胎動を計測する胎動スキャナを開発している[22]。妊娠中の妊婦の被験者4名を対象に胎動計測をおこなった結果、呼吸の影響を受けるが、胎動と思われる圧力の変化を確認している。また、われわれは2010年から妊婦体験システム MommyTummy を開発している[23][24][25]。MommyTummyは、単に重さだけを体験できる妊婦体験ジャケットではなく成長過程に応じた重さや温かさ、胸の膨らみ、そして胎動も再現できるシステムである。MommyTummyでは、腹部に42個のバルーンを搭載し、エアコンプレッサと電磁弁によってバルーンを時間差で膨らませることにより胎動を疑似的に再現している。しかし、ここで再現している胎動は、われわれが妊婦に対してアンケート調査をおこなった結果に基づいて作成した架空の胎動であり、実際の妊婦の胎動を計測して再現しているわけではない。より現実感を高めるためには、実際の胎動

を計測し再現することが望ましい。

本研究では、胎動スキャナを用いて計測した胎動の共有が可能なシステムの提案をおこなった。オムツメーカーのHuggiesは、同様に胎動を計測し再現できるHug Belt[26]を2013年に動画を公開している。しかし、どのように胎動の計測と再現をおこなっているのか、技術資料や論文もなくコンセプトムービーの可能性が高いのが現状である。

3. 提案手法

胎動は、妊婦のみが自覚可能であり、父親や家族が胎動を感じることは困難である。われわれは、父親や家族が妊婦の胎動を拡張し共有できれば、妊婦だけでなく、生まれてくる子供に対して、愛情をもって接することができるのではないかと考えた。本研究では、圧力センサを腹部に複数配置することで、胎動の場所と強さを客観的に計測する胎動スキャナを用いて胎動を計測し、胎動スキャナで計測した胎動を拡張し疑似的に腹部に再現できる胎動ディスプレイの提案と、胎動の共有が可能なシステムの提案をおこなった。

3.1 胎動共有システム

胎動共有システムのシステム構成図を図1に示す。胎動の有無に加え胎動の発生した場所を計測するための胎動スキャナと、胎動を拡張して疑似的に腹部に再現する胎動ディスプレイから構成されている。胎動スキャナと胎動ディスプレイは記録したデータの再現だけでなく、リアルタイム通信を行うこともができる。また、例えば、1日分の胎動を1分で再現するなど、計測した胎動を指定した時間で再現することも可能である。

3.2 胎動スキャナ

妊婦帯に圧力センサを複数配置することで、妊婦の皮膚表面に現れる胎動を計測できる。圧力センサには Interlink Electronics 社製 FSR406 を用いた。大きさは 43.7 x 43.7mm, 感圧領域は 40 x 40mm である。妊婦帯に上下左右隣り合う距離が等しくなるように FSR406 を 11 個配置した(図 2)。得られた圧力センサ群のデータは、胎動データとして 25Hz で計測を行い 32GB の SD カードに 222 日間記録が可能である。

計測時は安静な状態での装着を想定しているが、不慮の動きなどによる圧力センサへの影響も想定される。そこで被験者の動きを計測するために 3 軸の加速度センサも配置した。計測時、加速度センサに急激な動きがあった場合、圧力センサの値を除外するようにした。



図 2:胎動スキャナー センサ配置図

3.3 胎動ディスプレイ

胎動ディスプレイは、計測した胎動を拡張し腹部に再現できるデバイスである。妊婦帯には、フルカラーLED マトリックスを配置し、外部から胎動の様子を拡張して視覚化ができる。圧力値が低い領域を青色、圧力値が高い値を赤色で表示している(図 3)。また、胎動データを腹部 3D モデルにマッピングしモニタに表示し胎動を視覚化することも(図 4)。

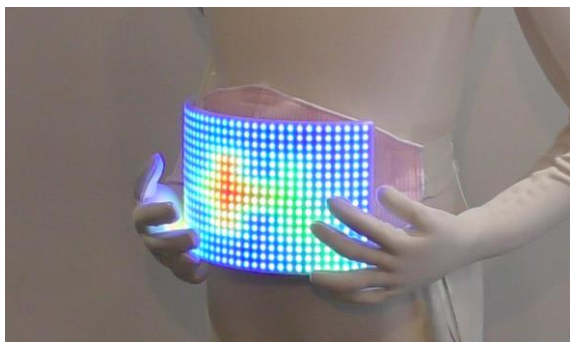


図 3:胎動ディスプレイ LED マトリックス図

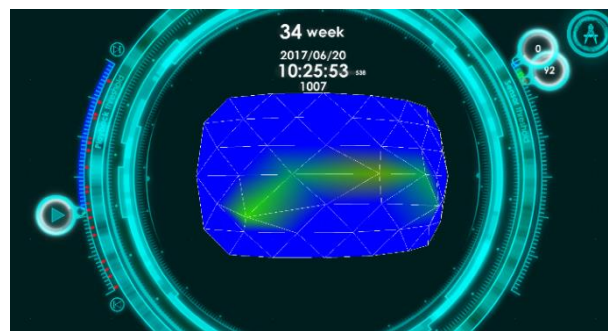


図 4: 胎動 3D マッピング

さらにバルーンを用いて腹部に胎動を再現できる(図 5)。エアコンプレッサで圧縮した空気を電磁弁で制御し、バルーンを膨らませることにより胎動として腹部に再現する。妊婦帯に上下左右隣り合う距離が等しくなるようにバルーンを 11 個配置した。これは、胎動スキャナに配置された 11 個の圧力センサと位置が対応しており、計測した胎動を再現できる。



図 5:胎動ディスプレイ バルーン配置図

4. 実験と考察

胎動スキャナで得られた胎動データを用いて胎動の再現をおこなった。2017 年 12 月 16 日に開催された GUGEN2017 コンテスト[27]にて訪れた一般来場者に対して胎動を拡張して再現をおこなった。実験に用いた胎動データは、既に胎動スキャナを用いて計測された被験者 A(妊娠 34 週)の特徴的な動きのある 1 分間の胎動を用いた。

出産経験者からは、「自分が妊娠しているときは、もっと激しかった気がする」、「妊娠初期の胎動に似ているが、妊娠後期の胎動には蹴る力が弱い」などと妊娠中に感じた自分の胎動と比較する被験者が多く見られた。胎動は個人差が大きいとされているため他人の胎動に、違和感を覚えたのではないかと推測されるが、再現される胎動の蹴る力が弱いという意見は多かった。また「かわいい」、「なつかしい。もう一度妊娠してみたい」などの肯定的な意見も多く見られた。

一方、出産未経験者からは、「こんなに動くの?」、「気持ち悪い」、「くすぐったい」、「(LED で)表示されている

ので胎動が動いている(様子が見ることができる)ので、見ていたのしい」などの意見が得られた。胎動をこれまで感じたことがないためか、初めて感じる疑似的な胎動に驚きを感じていた。また一緒にいた妻に「こんなだった？」と会話をする姿を見ることができた。

5. おわりに

父親や家族が妊婦の胎動拡張し共有することができれば、妻に対してだけでなく、生まれてくる子供に対して、愛情をもって接することができるのではないかと考え、胎動の共有システムを提案した。圧力センサを腹部に複数配置することで、胎動の場所と強さを客観的に計測する胎動スキャナを用いて胎動を計測し、胎動スキャナで計測した胎動を拡張し疑似的に腹部に再現できる胎動ディスプレイの提案と、胎動の共有が可能なシステムの提案をおこなった。

胎動は個人差が激しいとされており、一概に蹴る力の強弱の判断をすることはできないが、総評として蹴る力が弱いとの意見が多く見られた。そのためバルーンを用いるのではなくソレノイドやサーボモータなどを使い再現性を高めていく予定である。しかし、胎動を拡張し共有を行うことで、妻や生まれてくる子供に愛情をもって接することを最終目的とした場合、そこまで胎動の再現性を高める必要はないのかもしれない。今後は、胎動拡張を用いた夫婦間、家族感でのコミュニケーションツールの構築をおこなっていく予定である。

参考文献

- [1] 森恵美: 母性看護学各論-母性看護学(2), 医学書院(2016).
- [2] 正岡直樹,和田 真沙美: お腹が小さい,胎動減少,ペリネイタルケア, Vol.31, No.1, pp.46-51(2012).
- [3] 間崎和男, 平川舜: 胎動が激しいがへその緒が巻いてしまわないでしょうか, 周産期医学, Vol.28, pp.186-188(1998).
- [4] 鈴木武徳, 久慈直志: 妊娠から出産まで, 有紀書房(1995).
- [5] 大寺由香, 諸隈誠一, 福嶋恒太郎, 和氣茂樹: 胎児のサインにまつわる最新のトピックス 胎動再考 何が分かる?どうとらえる?(第2回) 胎動と胎動行動,ペリネイタルケア, Vol.29, No.8, pp.60-64(2010).
- [6] Tomoyuki Kuwata, Shigeki Matsubara, Takashi Ohkusa, Akihide Ohkuchi1, Akio Izumi, Takashi Watanabe, Mitsuaki Suzuki: Establishing a reference value for the frequency of fetal movements using modified 'count to 10' method, J. Obstet. Gynaecol. Res, Vol.34, No. 3, pp.318-323(2008).
- [7] 竹村秀雄, 松村茂樹: 胎児のサインにまつわる最新のトピックス 胎動再考 何が分かる?どうとらえる?(第7回)当院での胎動カウントの試み, ペリネイタルケア, Vol.30, No.1, pp.86-92(2011).
- [8] 金子由佳, 桑田知之, 泉章夫, 薄井里英, 大口昭英: 自覚胎動カウントの実施により児を救命できた一症例:胎動カウントの基準値とともに, 母性衛生学会論文誌, V ol.49 , No3 , pp136(2008).

- [9] Moore TR, Piacquadro K: A prospective evaluation of fetal movement screening to reduce the incidence of antepartum fetal death, Am J Obstet Gynecol, Vol.160, pp.1075-80 (1989).
- [10] Grant E, Elbourne D, Valentin L, et al: Routine formal fetal movement counting and risk of antepartum late death in normally formed singletons, Lancet, Vol2, pp.345-349 (1989).
- [11] 桑田知之, 松原茂樹, 大草尚, 泉章夫, 小林真実, 鈴木光明: 自覚胎動カウントは胎児運動障害性疾患の出生前早期発見に有用である,第 62 回日本産科婦人科学会学術講演会, pp.659 (2010).
- [12] Mangesi L, Hofmeyr GJ, Smith V: Fetal movement counting for assessment of fetal wellbeing, Cochrane Database of Systematic Reviews(1), (2007) .
- [13]Condon, J.T:The Parental-Foetal Relationship - a Comparison of Male and Female Expectant Parents Journal of Psychosomatic Obstetrics and Gynaecology, 24,pp.313- 320(1985).
- [14]川井尚, 大橋真理子, 野尻恵, 恒次鉄也, 庄司順一: 母親の子どもへの結びつきに関する縦断的研究—妊娠期から幼児初期まで—, 発達心理学と医学, 1(1), pp.99-109 (1990).
- [15] 川井尚, 庄司順一, 恒次鉄也, 二木武: 妊婦と胎児の結びつき— SCT-PKS による妊娠期の母子関係の研究—,周産期医学, 13, pp.2141-2146 (1983).
- [16]小林益江: 妻の妊娠期からの父親準備:胎児画像・胎動とジェンダー特性から, 母性衛生,43 (2) ,pp.274-282 (2002).
- [17] 竹村秀雄: 胎児超音波診断, 産婦人科治療, Vol.86, No.2, pp.157 -161(2003).
- [18] 夫 律子, 8.出生前診断の再評価: いまどこまでわかるのか : 2)胎児超音波診断(<II. クリニカルカンファランス>), 日本産科婦人科学会雑誌, Vol.54, No.9,pp.380-385(2002).
- [19] 馬場一憲: 出生前超音波検査—何を見て? 何が分かる? 2D, 3D, 4D—, 日本末熟児新生児学会雑誌, Vol.19, No.1, pp.43-46(2007).
- [20] 梁栄治, 松原茂樹: 胎児のサインにまつわる最新のトピックス 胎動再考 何が分かる?どうとらえる?(第6回) 自宅で使用できる胎動計 FMAM recorder の開発, ペリネイタルケア, Vol.29, No.12, pp.50-53(2010).
- [21] Nishihara K, Ohki N, Kamata H, Ryo E, Horiuchi S: Automated Software Analysis of Fetal Movement Recorded during a Pregnant Woman's Sleep at Home, Plos One, DOI:10.1371/journal.pone, 0130503(2015).
- [22] 小坂崇之, 青木真希子: 圧力センサアレイを用いた胎動スキャナの提案,エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文,pp.70-74(2017).
- [23] Takayuki Kosaka, Yusuke Sasayama, Takuya Iwamoto, Junichi Akita: Mommy Tummy" Development of a pregnancy experience system, Proceeding of Virtual Reality International Conference (VRIC2010), pp.287-290(2010).
- [24] 小坂崇之, 笹山裕輔, 岩本拓也: 妊婦体験ジャケット「MommyTummy」の開発, 情報処理学会 インタラクシオン 2010 論文集, pp.89-92 (2010).
- [25] Takayuki Kosaka, Takuya Iwamoto, Robert Songer, Junichi Akita: Mommy Tummy: A Pregnancy Experience System Simulating Fetal Movement, SIGGRAPH 2011 Emerging Technologies (2011).
- [26] The Hug Belt, <https://www.huggies.com/en-us/why-huggies/hug-belt>, (参照 2017-12-20).
- [27]GUGEN2017, <https://gugen.jp/>, (参照 2017-12-20).