

Onomatopace : 足触り触感を磨く感性ツールデバイス

Onomatopace: A Device for Facilitating Acquisition of Keen Kansei to Tactile Perception

諏訪正樹 笈康明 西原由実

Masaki Suwa, Yasuaki Kakehi, and Yumi Nishihara

慶應義塾大学環境情報学部

Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

Abstract: Keen “kansei” is one of the abilities that professional people in various domains possess. Only few researches, however, have examined how to acquire it. Meta-cognitive verbalization of what one’s body feels and does is said to be one method for that. This paper, selecting tactile perception of the sole of the foot in walking as the domain for examination, explores the feasibility of the following method. A user wears a device to measure the vibration of a shoe for each step, pays keen attention to tactile perception of the sole in walking on various surfaces, and verbalizes it by onomatopoeia of his or her own creation. Then the device stores the vibration signals for each step by linking them with the onomatopoeia the user has employed to verbalize the corresponding tactile perception. The degree in which vibration signals for different onomatopoeia are distinguished from one another is expected to be an indicator of whether or not the user’s kansei about tactile perception of the sole is keen. Have the participants become keen to tactile perception of the sole? The results are shown and discussed.

はじめに

「違いがわかる男の、ゴールドブレンド」¹はかつて一世風靡したネスカフェのキャッチコピーである。微妙な味の差異が分かり、自分らしい珈琲時間を楽しむという生活像を描いている。高度成長を遂げ物質的に豊かになった日本で、違いがわかる鋭い感性をもち、精神的に豊かになることが望ましいと示唆した先駆的CMである。“感性が鋭い”ことは、様々な専門分野で身体知を学ぶ手段でもあり、高度の身体知を獲得したひとの状態でもある。野球のイチロー選手や、将棋の羽生名人は“感性が鋭い”という言葉で形容されることも多い。

では“感性が鋭い”とは、どういう状態なのだろうか？「凡人には気付かない視点をもてる」、「違いがわかる」、「通常では考えつかないものごとに繋がりをもたせて新しい何かを考案できる」など、何かを生み出すために必要な創造的思考の基盤的な認

知能力を、“感性が鋭い”と表現することが多い。諏訪[1][2]は、感性が鋭いことには、2つの側面があることを指摘している。ひとつは、通常では気付にくい知覚変数に気付くことである。例えばソムリエに求められる能力のひとつである。食材の違いで食べ物の味が大きく異なることを感知できる、つまり知覚変数の分解能が高いことである。生態学的心理学の祖のギブソン[3]は、その認知こそが学習の基盤であると説いた。第二の側面は、知覚変数を基に自分なりに解釈する（意味付けをする）力²である。贅沢な食材から出汁を採ったラーメンを味わい、出汁の違いに応じて多様な情景や物語を連想してしまう人は、知覚分解能もさることながら、解釈能力も高いはずである。

感性が鋭いことが、日常生活においても専門分野においても望まれることであるなら、感性の鋭さを体得するという学び（俗に“感性を磨く”こと）は、

¹ その後「上質を知る人の〜」「違いを楽しむ人の〜」に変化している。

² 知覚変数に先に気付きそれが基になり解釈するという順番を主張するつもりは毛頭ない。どちらが先ではなく、この2つがペアのように生じることが重要である。

教育や学び論に携わる研究者には格好のテーマである。諏訪は感性を磨く方法論として、“からだメタ認知”という認知手法を提唱してきた[4]。通常ならばことばにせずにやり過ぎしてしまうような知覚や解釈を、できるだけことばとして外的に表現してみるという手法である。ことばとして表出するからこそ、新たな知覚変数に気づき、新たな解釈を生み出すことを促す（つまり感性の鋭さの両側面を促す）ということ、味覚[5]、ファッション[6]、まち歩き[7][8]などの複数ドメインで実証してきた。

本論文は、足裏の知覚（以後、足触りと称する）の感性を対象とし、その知覚分解能を高めることを促すツール開発と学習結果を報告するものである。なぜ足裏の知覚をとりあげるのかを説明する。“姿勢よくきちんと立つこと”は、身体知の基盤である。体重の反作用として地面から足裏が受ける力をからだ全体に効率的に伝え、からだを好ましい状態や形に御することが、身体知を発揮する基礎である[9]。足裏は身体知を発揮する全てのひとつにとって、環境との重要な接点である。足裏感覚の微妙な差異をことばで表現するというからだメタ認知の試みは、多くの身体知に共通する学習必須項目になり得るかもしれないと筆者は考えている。

足裏の感覚は、地面が異なれば当然異なるはずである。また同じ地面でも、靴、立ち方／歩き方、体調が異なれば、異なるに違いない。つまり、からだと地面の相互作用に応じて、その界面である足裏で生成されからだに伝わる信号は変化し、その信号に対する知覚が足裏の感覚であると本研究では考える。

本研究の第一の目的は、歩くことに伴い発生する振動信号を採取し、その信号とそのときの足裏の感覚を表現する本人のことばの対応関係をデータベース化するデバイスのプロトタイプを開発することにある。第二の目的は、そのデバイスを装着して様々な地面を歩く実践を行うことによって、足裏感覚を研ぎすますことができるかどうかを実験的に検証することにある。

足触りを表現する創作オノマトペ

足裏の感覚を論理的な文章で表現することは難しいであろう。からだメタ認知の目的は、論理的な文章で表現することではない[4]。断片的でもよいから、何らかのことばで表出するという行為を習慣化することが肝要である。そこで本研究では、足裏の感覚の微妙な差異をオノマトペで表現する手段を試みた。オノマトペとは、文章で論理的に表現することの難しいことがらを表現する手段として適しており、人工知能学会でのオノマトペのセッションが組まれる

等、昨今研究が進んでいる。暗黙知の存在に価値を見いだす日本人的思想[10]と、日本語にはオノマトペが多いという事実は無関係ではないはずである。

ここで“創作オノマトペ”という概念を導入する。創作オノマトペとは、様々な音素を組み合わせて、本人が独自につくるオノマトペである。例えば、ある体感を“ぼ”、“によ”、“ぺ”の音素を組み合わせて“ぼによぺ”と表現するというわけである。野口体操で有名な野口[11]は、ひとは音素一つ一つからだから発する意味を込めていると説いている。

…いろいろな音をひとつひとつ取り出して、何回でもくり返し発声してみる。そのとき、まるごと全体の自分のからだの中身の微妙な変化が、その音をどのように感じるか……（中略）…片っ端からメモする……（中略）…いくつか例をあげてみよう。「か」-開放的。明るい。歯切れがいい。すみきっている。均質。湿度・粘度は低い。温度は適温（時に低くと気が高いこともある）。明度・純度は高い。空間的位置はやや高い。時間的には短い、忙しくはない（p. 241-242）

野口は、同様に「ら」、「だ」に彼が込める主観的な意味を述べた後に、「か」「ら」「だ」の意味内容は、それぞれ頭、胸、腹・腰のそれぞれの働きが最も好調なときの状態を表すものであるからこそ、ひとはこの身体を「からだ」と呼ぶのではないかと論じている。

あるひとがある地面の足触りを“ぼによぺ”と表現するとき、その足触りは、“ぼ”、“によ”、“ぺ”の音素で表現される側面をもち、更に、その順番に音素が並ぶ理由がある。何をひとつの音素と認定するかに関しても本人の自由である。例えば“に”と“よ”を区別してもよいし、それらを合わせて一つの音素“によ”と考えてもよい。本人が一つ一つの音素や並びにどのような意味を込めたいと思うか次第である。

多くのひとが使う汎用的オノマトペ（たとえば「ざらざら」）ではなく、創作オノマトペを使用する理由は以下の通りである。足触りは、からだと地面の相互作用に応じて足裏で生成されからだに伝わる信号に由来すると仮定するならば、状況依存性が高く、更に個人固有性も高いはずである。そういった対象の微妙な違いを表現することばとして、既製品である汎用的オノマトペでは役不足であろう。自分のオリジナルな意味を込めることのできる音素を自由に組み合わせる創作オノマトペの方がより表現

能力に優れている。からだメタ認知の意図は他者に伝えることではなく、自分の感覚自体を研ぎすますための手段としてのことばの表出にあるとするならば、本研究における体感表出のツールとして創作オノマトペは有効である。

Onomatopace : 足触りを磨くツール

足触り実験の概要

足が地面に接触する（後述するように、着地、踏み込み、蹴り）のに伴い足裏で生成される振動音を採取するコンタクトマイクと、歩様を計測する加速度計からなるセンサデバイスを開発した。ユーザはコンタクトマイクを右の靴に、加速度計を右足首に装着し、様々な地面を10歩歩いては、そのときの足触りを一つの創作オノマトペで表現し、デバイスと優先で繋がるタブレット型 PC に入力する。図1に装着の様子を示す。



図1：センサデバイスの装着

(左：つまさきにコンタクトマイク，右：グレーのラインが出ているプラスチックケースのなかに加速度計がある。足首にゴムバンドで装着)

足が地面に着いてから離れるまでの一步は、着地、踏み込み、蹴りの3フェーズから構成される。本研究では、足触りは各フェーズで独立に存在すると仮定した。つまり、ある一步に関して、着地を表現する創作オノマトペ音素、踏み込みを表現する創作オノマトペ音素、蹴りを表現する創作オノマトペ音素は異なるという仮定である。例えば、それぞれを表現する音素が、“か”、“ぬ”、“ぼ”だとすると、その一步を表現する創作オノマトペは“かぬぼ”であるとする。

10歩歩くごとに音素を入力するのはなぜかを説明する。厳密に言えば一步ごとに足が地面に触れる際の加速度や速度も異なり、地面も全く同じではない。したがって本来は一步ごとに足触りは異なるはずである。しかし、右足が宙に浮く一步ごとに歩きを中断して音素をPC入力していたのでは、当然のこ

とながら自然に歩けない。つまり、実験のための実験になり、生活の中で足触りの感性を研ぎすますという本来の研究目的にそぐわない。そこで、着地、踏み込み、蹴りの各々に関して、10歩のあいだの平均的な足触りを感じながら歩き、終了したら立ち止まって、3フェーズ各々に関して音素を一つPC入力するという方法をとることにしたのである。自然な歩きを妨げず、また足触り体感に留意して適切なオノマトペ音素を考え出す時間的余裕を設ける意味で、歩数は10歩とした。



図2：歩いた地面の例

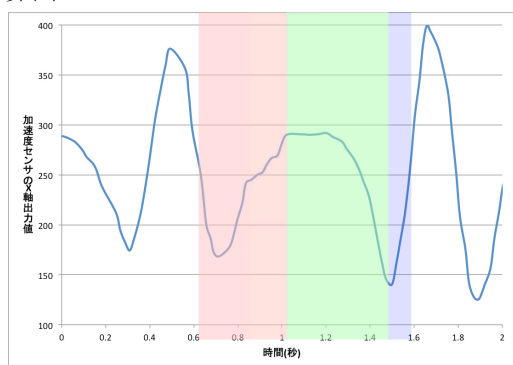
実験での歩きかたを説明する。まず足触りを記録したい場所を決め、歩き出す前にこれから歩く地面を写真に撮る（例えば図2のa, b, cはそれぞれ異なる地面である）。写真を撮るひとつの意味は、その10歩の間に地面の表面状態や見かけがあまり変化しないこと、つまり歩いている途中で足触りが変わるような場所ではないことを確認することにある。後述するように、同じ音素で表現された振動音は、その音素に紐付けられたデータとして格納される。したがって、その10歩はできるだけ一定のペースで歩くことを心がけた。

本論文で分析するデータは、2013年11月4日、13日、28日、12月9日の4日分である。各日ともに60-90分程度、大学構内や周辺の様々な地面を探して歩いた。被験者は著者3名である。

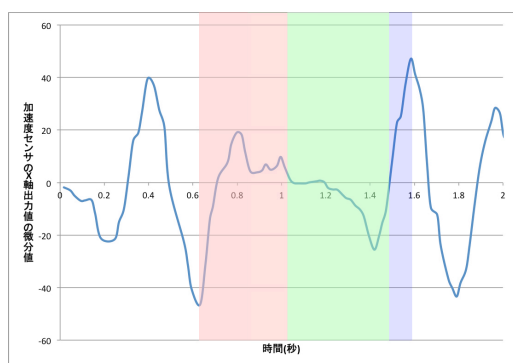
デバイス及び創作オノマトペ入力アプリ

加速度センサは右足首に装着し、地面に対して鉛直方向の加速度を測定する。1cm四方の加速度センサモジュール KXM52-1050 およびマイコン Atmel の Da Vinci 32U with Arduino Bootloader ATMEGA32U4 のセットをスポーツ用のサポーターに組み込んで装着することとした。歩きでは着地、踏み込み、蹴りという地面との3種類の相互作用におうじて、足首の加速度は特徴的な変化を示す。ひとが異なると、歩き方が異なるために、異なる波形が得られる。しかし、着地や蹴りという加速度の大きな変化に比べると、各人の波形の違いは無視できると仮定し、加

速度計の示す波形の特徴に従い、以下のように、着地、踏み込み、蹴りの3フェーズを分別する境界時刻を算出した。



a : 加速度センサの出力



b : 加速度センサ出力の微分値

図3：歩行時の加速度センサの時系列変化
(赤：着地，緑：踏み込み，青：蹴り)

図3に歩行時の加速度センサの出力値およびその微分値の時系列変化の例を示す。このグラフの赤い箇所は着地、緑の箇所は踏み込み、青の箇所は蹴りのタイミングを表す。具体的には、この図における0.45秒あたりのセンサ出力値のピークの後、センサ微分値が谷を示す時刻を、着地の開始とする(0.6秒あたり)。その後、微分値は0.8秒あたりでピークを迎え、1.0秒を過ぎたあたりで0に落ち着く。0より少し大きい閾値(今回の実装では5)を設定し、微分値がこの閾値を一度超えてから、再度閾値を下回った時点(1.0秒過ぎ)を、着地から踏み込みへの切り替わりの時点として検出する。次に1.45秒あたりにセンサ出力値が下向きのピークを迎える。微分値が0になる点を検出し、その時点が踏み込みの終了時であり蹴りに開始時として記録する。さらに、センサ出力値がある一定の値を上回った時点が蹴りの終了として検出する。これらの閾値は、試行を通して感覚に沿うように調整・設定したものである。

加速度のデータには、ノイズの影響を少なくするためにローパスフィルタを掛ける。なお、今回は歩くという行為に特化して閾値を設定したため、走っ

たり、極端にゆっくり歩いたりすると正確に認識できないなどの問題がある。よりロバストな認識手法を開発することが今後の課題である。

次に、加速度データの値によって3フェーズを分別する上記の境界時刻に合わせて、足裏と地面の接触により生じる振動音を各々のフェーズで記録する。コンタクトマイクは、取り付けやすさや、歩行への影響を考慮し、右の靴の甲のつま先寄りにテープで固定して装着する。マイクはKORG社製のチューナー用コンタクトマイクCM-100Lを使用した。

実際にコンタクトマイクに採取される音は、足が地面と接触することに端を発した振動が靴のその部分に伝搬した振動音である。したがって靴の材質は振動音に大いに左右する。本研究では、我々が感じる足触りは、足が地面と接触したときの物理的なイベントと、靴の材質の関係性の総体から体感できるものであると仮定する。したがって、その部位から採取される振動音を、その体感を表現する創作オノマトペと対応付けることは、あながち的外れでもあるまい。

加速度値およびマイクによって録音された音声情報はユーザが手に保持するPCにリアルタイムに送られ、PC上でユーザが入力した各フェーズのオノマトペ音素と、各フェーズの音声情報の対応付けおよび記録を行う。

創作オノマトペの入力アプリケーションは、歩行における着地、踏み込み、蹴りに対応する、コンタクトマイクからの音声入力をそれぞれファイルとして保存する。音声ファイルは、ユーザの入力した創作オノマトペ音素ごとに異なるディレクトリに保存され、ファイル名には保存時の日付および時刻を用いて(2013年12月20日14時30分の場合には201312201430.txt)、後の分析に利用しやすいような工夫を施した。歩き始めるとリアルタイムに音声ファイルを保持し始める。そして10歩歩き終わると(つまりアプリケーションに10歩分の3フェーズのデータがファイル格納されると)、各フェーズの創作オノマトペを入力するモードに自動的に移行し、ユーザは入力を行える。それ以降は足を動かしても(たとえ歩いてても)データ計測・格納は行われず、創作オノマトペ入力モード画面にも影響は与えないように設計した。

分析手法

データ概観

本システム内では、ユーザごとに、着地、踏み込み、蹴りの各フェーズに関して、ユーザが入力した

各オノマトペ音素の名前のディレクトリに振動音声ファイルが格納されている。本論文で分析対象とする 11/4~12/9 の実験では、我々は着地、踏み込みの 2 フェーズだけに集中して、足触りをオノマトペ音素で表現した。ほんの一瞬である一步の足触りを、10 歩という比較的短い時間内で 3 つのフェーズに分けて知覚することがかなり難しいということが、プロトタイプ使用の経験から判明したからである。本実験では、第三フェーズの蹴りだけはオノマトペを入力しないことにした。

表 1 a : 諏訪の着地に使用されたオノマトペ音素

日付	使用したオノマトペ音素/ファイル 個数	種 類	合 計 数
11.4	do/10, du/10, dzo/10, dzu/10, go/10, k/10, kdo/10, ko/20, ku/30	9	120
11.13	do/20, du/30, dzo/10, fu/10, fzu/10, go/30, gu/20, kgu/10, ko/30, ku/10, po/10, tdo/10, tgo/9, tnu/9, to/20, tu/10, umu/10, za/10, zd/10, zdo/10	20	288
11.28	do/30, du/10, dzo/20, fzu/10, gu/10, kgo/20, ko/10, ku/20, o/10, to/10, u/20, zo/10, zu/10	13	190
12.9	do/10, du/20, fdu/10, fzu/10, go/29, gu/10, jo/10, kgo/10, ko/20, ku/20, u/10, zi/10, zu/20	13	189
合計		31	787

表 1 b : 諏訪の踏み込みに使用されたオノマトペ音素

日付	使用したオノマトペ音素/ファイル 個数	種 類	合 計 数
11.4	da/10, dta/10, du/10, mu/20, mum/10, na/10, no/10, nu/20, ta/20	9	120
11.13	da/39, do/10, dza/10, fnu/10, fu/9, me/10, mfu/10, mo/10, mu/70, n/30, no/10, nu/30, zdu/10, zfa/10, zu/20	15	288
11.28	da/10, du/10, dua/10, ma/10, mdu/10, mo/10, mu/30, muu/20, n/20, na/10, nu/20, za/10, znu/10	13	190
12.9	dnu/20, du/30, ja/9, mi/10, mo/10, moa/10, mpo/20, nda/10, nu/10, un/10, za/30, zda/10	13	189
合計		35	787

表 1a, 1b は、諏訪が 4 日間に、それぞれ着地、踏み込みに使用したオノマトペ音素の種類とファイル数を示している。本節以降は、オノマトペ音素はローマ字表記で示す。音素は基本的に子音と母音から

成り立つ。しかし子音や母音が複数個あるものや、どちらかがないものもある。例えば dzo は、感じた足触りが do と zo の中間であると感じたときの表現方法である。d と z の順番は支配的な音素を前に書く。また muu のように u を 2 つ重ねて一つの音素として使用した例もある。単なる mu ではなく、語尾が時間的に伸びた足触りであったことを示す。子音だけの音素、母音だけの音素で表現した例も、稀ではあるが存在した。太字で表記した音素は、4 日間のうち 3 日以上で使用されたオノマトペである。本節以降の分析では、それら頻出音素のみを分析対象とした。

音素と” / ” の後の数字が、その実験日に使用された音素のファイル数である。1 回のデータ入力で 10 歩分（つまりファイル数が 10 個）がファイル格納されるため、基本的にはファイル個数は 10 の倍数であるが、データ採取エラーのために欠損が起こる場合がある。音素の種類合計はのべ種類数である。

本稿のスペースの都合上、寛と西原のオノマトペ音素は、概要だけを記す。寛は着地には、11/4 に 7 種類、11/13 に 13 種類、11/28 に 9 種類、12/9 に 12 種類の音素を使用し、ファイル数はそれぞれ 110 個、259 個、160 個、220 個であった。踏み込みには、11/4 に 6 種類、11/13 に 15 種類、11/28 に 11 種類、12/9 に 12 種類の音素を使用し、ファイル数はそれぞれ 110 個、260 個、160 個、220 個であった。寛が 4 日間に使用した音素の種類数は、着地に 20 種類、踏み込みに 26 種類であった。4 日間のファイル合計数は、着地が 749 個、踏み込みが 750 個であった。

西原は着地には、11/4 に 6 種類、11/13 に 15 種類、11/28 に 10 種類、12/9 に 12 種類の音素を使用し、ファイル数はそれぞれ 100 個、320 個、160 個、289 個であった。踏み込みには、11/4 に 5 種類、11/13 に 15 種類、11/28 に 10 種類、12/9 に 13 種類の音素を使用し、ファイル数はそれぞれ 100 個、320 個、160 個、289 個であった。西原が 4 日間に使用した音素の種類数は、着地も踏み込みも 22 種類、4 日間のファイル合計数は共に 869 個であった。

3 名共に、第二回目の 11/13 にオノマトペ音素が増え、ファイル数も増大する傾向にあった。

感性が鋭い状態とは？

あるひとが微妙な足触りの差異がわかる（つまり感性が鋭い）という状態になったとき、そのひとの振動音データはどのような傾向を示すであろうか？それは、異なるオノマトペ音素の振動音は互いに分離されるということであろう。同じオノマトペ音素の名の下に格納されたファイル同士の振動音は互いに類似し、別のオノマトペ音素の振動音とは異なる

ということである。したがって、我々に必要な分析は、振動音どうしの類似度を計算することにある。

距離計算

そこで、我々は振動音を周波数分析し、その波形の類似度を反映する距離計算を行った。本研究で開発したデバイスの音声ファイルのサンプリング周波数は 44100Hz であった。FFT サイズは 256 に設定した。その結果、周波数分解能は 172.3Hz である。

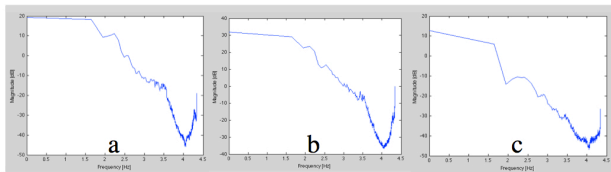


図 4：周波数分析の典型的なグラフ

図 4 の a, b, c は、ある日の諏訪の踏み込みの振動音の分析結果である。横軸が周波数、縦軸が音圧である。a と b は mo というオノマトペ音素で表現され、c は nuu というオノマトペ音素で表現された振動音である。周波数の低域から高域に至る音圧値の変化が、a と b は似ている。a と b は、低周波数領域での音圧値の減り方はなだらかであるのに対し、c は低周波数の領域でいきなり減衰する。

このグラフの形の違いを距離として算出するために、我々は以下の方法を用いた。

1. 各周波数の音圧値 y_i と第一周波数 172.3Hz の音圧値 y_1 の差分 dif_i を計算する
2. 2つの振動音において、すべての周波数における dif_i の差の二乗和を 2つの振動音の距離とする

$$\text{distance}(j,k) = \sum_i (\text{dif-}j_i - \text{dif-}k_i)^2 \quad (i=1\sim 256)$$

但し、 $dif_i=y_i-y_1$ 、 j, k は振動音の ID ナンバー

異なるオノマトペ音素の分離度判定

全データの平均距離、及び標準偏差

分析対象期間（一日のこともある）のすべてのオノマトペ音素のすべての振動音のあいだの距離の平均値 $d_{\text{all_ave}}$ と標準偏差 $d_{\text{all_std}}$ を算出する。分析対象期間をいくつかに分けて、各々の平均と標準偏差を算出すれば、分割期間ごとのデータのばらつきを比較できる。

音素内代表データ

同じ音素に紐付けられた振動音の代表データを求める。代表データとは、同じ音素の他のすべての振動音への距離の和が最小のものとする。つまり、距離空間のなかで、同じ音素の振動音のほぼ中心に位置するデータである。

代表データからの平均距離（音素内半径）

同じ音素に紐付けられた振動音の代表データから、他のすべての振動音への距離の平均値 d_{k_ave} をもとめる（ k はオノマトペ音素の ID ナンバーとする）。代表データからどのくらいの距離のところに、その音素のデータ群が散らばっているかを示す指標である。この距離を“音素内半径”と呼ぶ。次節で述べるように、異なるオノマトペ同士の分離度を判定するために使用する。

分離度の判定基準

代表データ中心に音素内半径を半径とする球（ n 次元）を想定し、2つのオノマトペ音素の球の重なり具合で両音素の分離度を判定することにする。球重なり方は図 5-I,II,III,IV の 4種類に分類する。I は分離している、II はオーバーラップしているが互いの代表データは他の球の外にある、III はオーバーラップしていて少なくとも一つの代表データは他の球の中にある、IV は一方が他方に含まれている、ということを表す。

音素 j と音素 k の代表データ同士の距離を $dc_{j,k}$ とすると、I-IV の状態はそれぞれ以下の計算式で判定できる。

1. $d_{k_ave} + d_{j_ave} \leq dc_{j,k}$ ならば I の状態
2. $d_{k_ave} \leq dc_{j,k}$ かつ $d_{j_ave} \leq dc_{j,k}$ かつ $d_{k_ave} + d_{j_ave} > dc_{j,k}$ ならば II の状態
3. $d_{k_ave} > dc_{j,k}$ もしくは $d_{j_ave} > dc_{j,k}$ ならば III の状態
4. $d_{k_ave} \geq dc_{j,k} + d_{j_ave}$ もしくは $d_{j_ave} \geq dc_{j,k} + d_{k_ave}$ ならば IV の状態

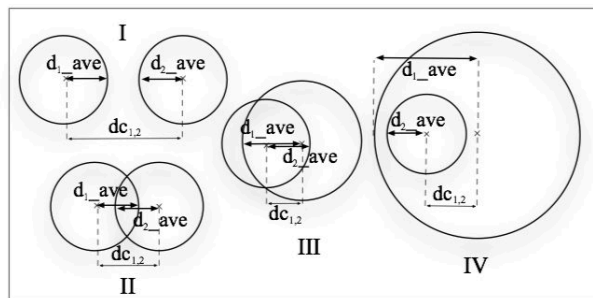


図 5：音素領域の重なり

感性は鋭くなったか？

約1ヶ月に4回の実践を経て、著者3名の感性は鋭くなったかを検証する。結論から言えば、

- その兆しはある
- その兆しは人によって程度が異なる
- 足触りに関する感性が鋭くなるには、まだ時間はかかりそうである

である。以下その分析結果を示す。

全データの平均距離及び標準偏差

表2は、各著者の着地と踏み込みのそれぞれに関して、各実験日の全データの平均距離と標準偏差を示す。前節で述べたように、距離は周波数領域での音圧値の差の二乗和として算出した値なので、特に単位はなく相対的な値である。

表2：全データの平均距離と標準偏差

日付	諏訪		西原		諏訪		西原	
	着地	着地	着地	踏込	踏込	踏込	踏込	
11.4	59.4 (62.4)	51.9 (25.3)	52.8 (46.0)	64.5 (45.6)	71.0 (42.0)	85.9 (64.5)		
11.13	20.4 (8.8)	41.9 (19.7)	148.0 (114.9)	19.7 (9.3)	50.5 (28.1)	148.7 (88.6)		
11.28	81.9 (69.2)	62.3 (31.9)	78.7 (41.1)	87.2 (65.0)	47.7 (23.3)	77.6 (51.7)		
12.9	91.1 (85.5)	67.7 (66.5)	113.7 (106.2)	80.2 (52.2)	62.2 (44.6)	144.0 (101.4)		

着地も踏み込みも、寛は他の2名に比べて、実験日に依る平均値及び標準偏差の差が少ない。他2名に比べて静かな歩き方なのかもしれない。

西原は、11月13日と12月9日は他の日に比べて平均値も標準偏差もかなり大きい。諏訪は、11月13日だけが他の3日に比べて、平均値も標準偏差も著しく小さい。全データの平均距離および標準偏差は、一般に、地面の種類、その日の天候などによる表現状態の違い、歩き方によって著しく異なることが考えられる。3名とも、同じエリアを移動しながら歩く地面を自分で決めている。全く同じ地面を全員が必ず歩くという実験方法にはしなかったことも関係するかもしれない。

代表的オノマトペ音素の分離度判定

表3は、11月4日、13日のデータをまとめて全データとしたときの、諏訪の踏み込みに関する代表的なオノマトペ音素の音素内半径と音素間の距離を

示したものである。代表的オノマトペとは、表1a, 1bに太字で示したように、実験期間4日のうち3日以上で使用されたオノマトペである。諏訪が踏み込みに対して使用したオノマトペ35種類のなかでは、表に示す da, du, mo, mu, nu の5種類のみであり、それぞれ4日の総ファイル数は 59, 50, 30, 120, 80 個であった。各セルの上段が、2つのオノマトペ音素間の距離であり、下段が、音素内半径と音素間の距離から判定できる分離度である。上記で述べた I-IV までの4タイプの分離度が記してある。タイプ I, II は分離されていることを、タイプ III はオーバーラップ度が高く分離できていないことを、タイプ IV は一方が他方に包含されていることを示している。

表4は、11月28日、12月9日のデータをまとめて全データとしたときの、諏訪の踏み込みに関する代表的なオノマトペ音素の音素内半径と音素間の距離を示したものである。

表3：代表的な音素の音素内半径と、音素間の距離
(諏訪の踏み込みの11.4~11.13のデータ積算)

	da	du	mo	mu	nu
音素内半径	61.1	34.7	9.2	72.0	87.8
da		200.4	16.2	11.6	11.9
		I	IV	III	IV
du	200.4		206.0	205.0	202.0
	I		I	I	I
mo	16.2	206.0		11.1	11.0
	IV	I		IV	IV
mu	11.6	205.0	11.1		9.0
	III	I	IV		IV
nu	11.9	202.0	11.0	9.0	
	IV	I	IV	IV	

表4：代表的な音素の音素内半径と、音素間の距離
(諏訪の踏み込みの11.28~12.9のデータ積算)

	da	du	mo	mu	nu
音素内半径	70.0	53.9	52.6	36.6	54.3
da		159.3	185.0	184.9	113.1
		I	I	I	II
du	159.3		29.0	30.0	49.2
	I		III	III	III
mo	185.0	29.0		13.7	73.7
	I	III		IV	II
mu	184.9	30.0	13.7		74.1
	I	III	IV		II
nu	113.1	49.2	73.7	74.1	
	II	III	II	II	

表3と表4を比べることにより、各々の音素の分離度が、4日間の前期2日間と後期2日間でどう変化したかを知ることができる。表3, 4における5つのオノマトペ音素の関係性を表したのが、図6である。

前期は、duだけが他4つと分離していたが、それ以外はタイプ4の包含関係が多かった。moがda, nu, muの3つに包含され、daとmuがnuに包含されている。moの音素内半径が極端に小さく、nuの音素内半径が極めて大きいため、こういう関係が生じている。

それに対して後期は、nuの音素内半径が小さくなったこと(表4参照)に伴い、nuがmu, mo, daと分離され始めた。その代わりにduとの分離状態はなくなった。また前期にはduとしか分離されていなかったdaが、mo, muとの完全に分離された。総じて言えば、nuとdaが他と分離され始め、全体の分離関係の数が前期よりも多くなった。この結果は、諏訪の踏み込み時における知覚分解能は高くなりつつあることを示唆するものであると解釈する。

包含関係の解釈は一意ではない。含む側の音素内半径が大きい(つまり、どんな振動音でもその音素で表現してしまうというチューンアップが進んでいない状態)から他の音素を含んでしまう場合と、含む側の音素の内部のよりspecificな振動に関しては、含まれる側の音素で表現するという場合があると考えられる。どちらの解釈が妥当であるかを判断するには、まだ実験回数が足りない。足触りの感性が鋭くなり各音素の知覚分解能が高まった暁には、各音素の音素内半径がどの程度の値になるのかに関する知見が必要であろう。

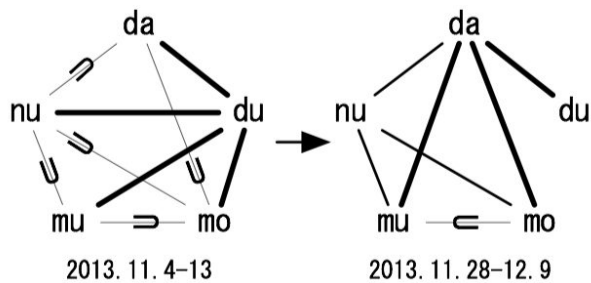


図6：オノマトペの分離度の変化(諏訪：踏み込み)

太線は完全分離(タイプI)、細線はまぎれ分離(タイプII)、極細線に包含記号はその方向への包含(タイプIV)を示す。線なしは全てタイプIIIである

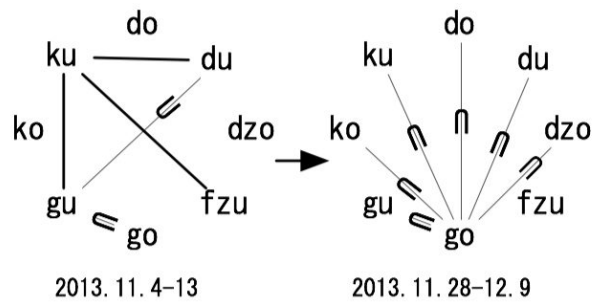


図7：オノマトペの分離度の変化(諏訪：着地)

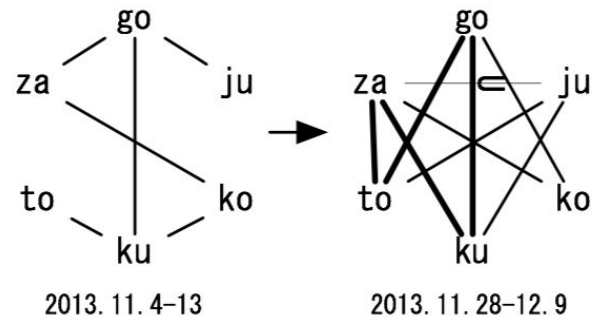


図8：オノマトペの分離度の変化(算：着地)

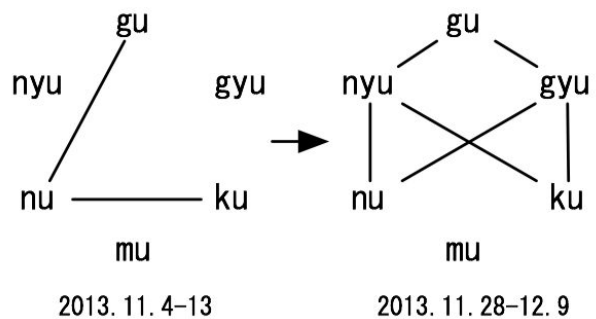


図9：オノマトペの分離度の変化(算：踏み込み)

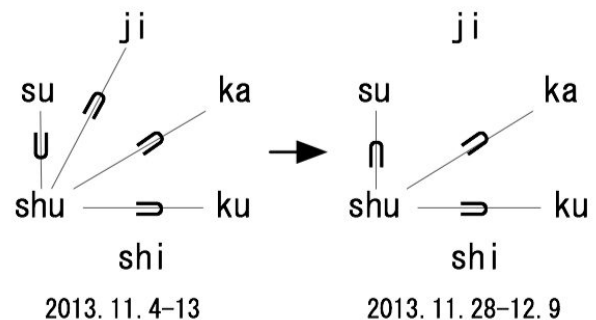


図10：オノマトペの分離度の変化(西原：着地)

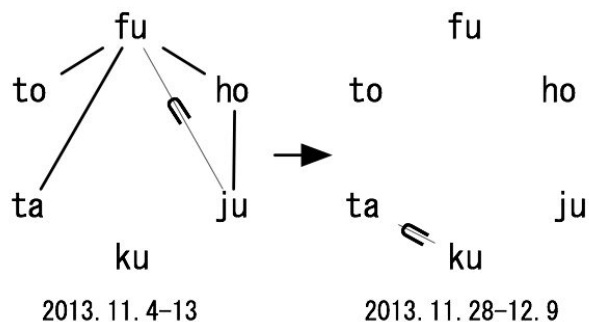


図 11：オノマトペの分離度の変化（西原：踏み込み）

同様にして、諏訪の着地、笥の着地、踏み込み、西原の着地、踏み込みについても、表 3、4 に相当する距離データに基づいて、前期と後期を比較した結果が、それぞれ図 7、8、9、10、11 である。諏訪の着地（図 7）に関しては、前期は ku が他 3 つと分離されていたにも関わらず、後期にはその関係性が消失し、更に go が他 6 つを包含するほど広い領域に変化してしまった（音素内半径が 31.2 から 81.2 に増加）。表 2 に示すように、諏訪の着地は 11 月 4 日、13 日に比べ、28 日、12 月 9 日は全データの平均距離が大きい。音素内半径の全データ平均距離に対する割合を算出すると、前期が 0.79 に対して、後期が 0.94 に若干増えている。

図 8 は、笥の着地の知覚分解能は、前期から後期に著しく高くなったことを示している。完全分離を示すタイプ I が 4 つ出現し、分離されていた音素ペアの数も純増している。笥の踏み込みも同様に、分離された音素ペアの数が増えている（図 9）。

西原は、着地（図 10）、踏み込み（図 11）ともに、前期から後期にかけて分解能が高くなった傾向はみてとれない。特に踏み込みに関しては、前期には 4 つの音素ペアが分離されていたが、後期にはそのすべてが消失している。

考察

足触りの分解能の変化

今回の実験では、諏訪の踏み込みと、笥の着地及び踏み込みに、足触りの分解能が高まり、幾つかの異なるオノマトペ音素ペアが分離される傾向を示した。全員とはいかないまでも、短い期間に分解能が高まる結果を得たことは興味深い。本実験では著者が被験者となって一人称研究を行った³。実際に歩い

てみると、同じコンクリートでも表面仕上げや模様が異なると、かなり足触りが異なると感じとれるものであることに驚いた。普段地面の足触りに意識を向けることは稀であるが、集中して歩いてみると、意外に微妙な違いを感じられるものである。生活のなかで 10 日に一度くらいの頻度で 1 時間強の時間を捻出し、このような意識的な体験を繰り返すことにより、部分的ではあるが、足触りの分解能に向上の兆しがみられたことは、感性に関する研究を今後も継続する動機を後押しする。

今回の実験回数（4 回）は、如何にも短過ぎる。一般に学習は、単調増加的にパフォーマンスが向上するのではなく、試行錯誤を繰り返しながら好調期とスランプを経験しながら長期的に進むものである [14][15]。今回分解能が高まった 2 名に関しても、後期の 2 日に最初の好調期を迎えただけかもしれないし、分解能の高まり傾向が見られなかった 1 名は、まだ試行錯誤のスランプに陥っている最中なのかもしれない。身体知を扱った既往研究でも、大きな成長を遂げる前には長いスランプを経験するということが実証されている [14]。生活における身体知や感性の学びは、7、8 ヶ月という長い期間を経てようやく大きな成長を遂げることも示されている。

今後、更に定期的に生活の中で足触り実験を行い、実験期間を延ばすことが必要である。

からだの客観的データのフィードバック

本実験期間中は、分析は一切行わず、毎回 60～90 分様々な地面を求めて歩いた。果たして自分の足触りの分解能は高まっているのか、よい方向に学びは進んでいるのか？ という疑問、不安、期待を抱きつつも、分析は後回しにした。

しかし本来は、少なくとも定期的に、図 6～11 のような分析結果を本人にフィードバックすべきである。足触りを探究しながら様々な地面を歩く際には、当然、様々な問題意識が芽生える。あるオノマトペ音素に関しては自信をもつようになったり、また異なるオノマトペ音素の違いが次第に曖昧模糊として迷うことも多い。自信をもったオノマトペや迷いの源であるオノマトペが出現したら、実際にはどうなっているのかを示す分析結果をみたいと思うのが学び手の心情である。それは自分の問題意識の高まりに応じて、客観的な定量的分析結果を参照し、問題意識を修正したり、新しい着眼点を得たりするという行為に他ならない。諏訪らは、からだメタ認知の方法論を駆使して学びを促進する環境として、からだの状態の客観的な計測データを本人にフィードバックすることの重要性を説いた [16]。本論文で行った分析は、本人にフィードバックする格好のデータ

³ 人工知能学会 2013 年 9 月号には、知能科学における一人称研究の必要性を主張する特集がなされた [12][13]。

であろう。

構成的方法論：統制実験へのアンチテーゼ

本研究は、構成的方法論の思想に基づく実験スタイルを貫くものである。従来の実験心理学では、探究したい要因以外の条件を統制することを是とした。しかし、被験者に学ぶことを促しながら学びの様態を探究するタイプの研究では、実験条件を統制することはできない。学びにおいて、問題意識の発見は最重要課題である。問題意識を開拓せざるしてよい学びは起こらないと言っても過言ではない。どんな問題意識がいつ生じるかは、ひとによって異なる。本人にも予測できることではない。したがって、図6-11のような分析結果を被験者にフィードバックするにしても、そのタイミングはその人の問題意識に応じて決めるのが本来あるべき姿であろう。条件統制のために、トップダウンで決めたタイミングで見せるのはよろしくない。一時的にフィードバックを得た人と得ない人がいることになるが、条件を統制できないから人同士の比較ができないと異を唱えるのはナンセンスである。問題意識の起こり方によっては、フィードバックを返す回数すらも人によって異なるのが当然である。

本実験では、3名の著者たちが歩く地面を統制しなかった。ほぼ同じエリアを散策してはいたが、各自が興味をもった地面を歩くこととした。その理由は、本人が問題意識や興味に応じて地面を選ぶのが、生活の中の学びとして自然であるからである。もし地面を統制すると、決められた場所の前に3名が並び、順番にそこを歩くことにならざるを得ない。それは、自分のペースで自分の問題意識に応じて歩くことを阻害する。歩きたくても前の順番の人が終わっていなければ待機していなければならない。その待機時間は阻害要因となる。

この種の研究の目的は、どんな条件で何を被験者に与えたらどういう効果が出るかを探究することではない。学ぶためのよい環境を模索しながら生活のなかで実際に人に学びを促すことが目的である。学びはひとの身体固有性や生活背景に多分に左右されるものである。したがって、実験を統制して人を比べても益はない。そもそも身体や生活背景が異なる以上、生身の人間の生活研究はすでに条件統制がとれていない。履いている靴も異なるのであるから、既に統制はとれていない。実験のときだけ全員同じ靴を履くとすると、それは生活の中での学びを阻害する。ある問題意識をもったことがきっかけで、本人が、もっと柔らかい靴で歩くことを試してみたいと思うならば、ある日から靴を変更することさえも認める方がよい。からだの客観的データをフィード

バックすることや、靴を選ぶことは、学びの環境のひとつである。個々の被験者の身体固有性、性格、問題意識に応じて、学びの環境を構成的にリデザインすることでしか、生活のなかでの学びの研究はできないと考える。先に触れた人工知能学会2013年9月号の「一人称研究の勧め」特集[12][13]も同じ思想に基づいている。

一人称的なことばの表出

本実験では、問題意識をことばで残すという作業を行わなかった。しかし、問題意識の変遷と図6-11のような分析結果をつきあわせて考察することは、研究的にも本人にとっても重要であるはずである。実験開始時と終了時に、感じたことや考えていることをことばとして残すことは、今後の最重要課題のひとつである。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金(基盤C)「身体を考える生活を促す支援環境と生活意識の構成論的デザイン実験」の助成による。

参考文献

- [1] 諏訪正樹：構成的知覚—知覚と概念をコーディネートする認知能力—, 日本認知科学会第20回大会発表論文集, pp.30-31, (2003)
- [2] 諏訪正樹：生活における価値創造の方法論としてのメタ認知的言語化, 第9回日本感性工学会大会予稿集2007, C25, CD-ROM, (2007)
- [3] Gibson J. J. and Gibson E. J.: Perceptual learning: differentiation or enrichment?, *Psychological Review*, Vol.62, pp.32-41, (1955).
- [4] 諏訪正樹：“からだで学ぶ”ことの意味—学び・教育における身体性—, *SFC Journal*, “学びのための環境デザイン”特集号, Vol.12, No.2, pp.9-18, (2012)
- [5] 伊熊瞳：ケーキを体感して語れ！一年にわたる味覚感性の開拓, 中京大学情報科学部2005年度卒業論文, 2006年1月, (2006)
- [6] 庄司裕子, 諏訪正樹：個人生活における価値創造の方法論:メタ認知実践のケーススタディ, *情報処理学会論文誌*, Vol.49, No.4, pp.1602-1613, (2008)
- [7] 浦智史, 諏訪正樹：表現における身体性：視覚優位からの脱却, *日本認知科学会第23回大会発表論文集*, pp.138-139, (2006)
- [8] 諏訪正樹, 加藤文俊：まち観帖：まちを観て語り伝えるためのメディア, *人工知能学会第26回全国大会*, 2P1-OS-9b-6, CDROM, (2012)

- [9] 佐々木正人：知覚はおわらないーアフォーダンスへの招待，青土社，(2000)
- [1 0] 井筒俊彦：意識と本質—精神的東洋を求めて，岩波文庫，(1991)
- [1 1] 野口三千三：原初生命体としての人間—野口体操の理論，岩波書店，(2003)
- [1 2] 諏訪正樹，堀浩一 編：特集「一人称研究の勧め」にあたって，人工知能学会誌，Vol.28, No.5, pp.688, (2013).
- [1 3] 諏訪正樹，堀浩一，中島秀之，松尾豊，松原仁，大武美保子，藤井晴行，阿部明典：一人称研究にまつわる Q&A，人工知能学会誌，Vol.28, No.5, pp.745-753, (2013)
- [1 4] 諏訪正樹：身体性としてのシンボル創発，計測と制御，Vol. 48. No. 1, pp.76-82, (2009).
- [1 5] Karmiloff-Smith A.: Beyond Modularity, MIT Press, (1992)
- [1 6] 諏訪正樹，筧康明，矢島佳澄，仰木裕嗣：ライフスキルの学習支援ツールの開発 —身体と意識の共創様態の探究方法論—，電子情報通信学会特集号「人間を理解するための ICT 技術 —人間を対象としたセンシング・情報処理からその応用まで—」, Vol.24, No.5, pp.377-384, (2012)