

複数部位の協調関係に基づいた注意分配の解析手法の提案

栗栖 崇紀[†] 近藤 一晃^{††} 中村 裕一^{††}

[†] 京都大学大学院 工学研究科 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町
^{††} 京都大学 学術情報メディアセンター 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町
E-mail: [†]{kurisu,kondo}@ccm.media.kyoto-u.ac.jp, ^{††}yuichi@media.kyoto-u.ac.jp

あらまし 会話をしながら食事をするなど日常生活において複数の対象に対して注意を払う状態がしばしばある。我々はこのような注意分配とそのときの動作との関係について明らかにすることで、注意分配の推定を通して適切な支援を行うことを目指している。本報告では、視覚的注意と手作業のための注意の両方を必要とする優先度の異なる2つのタスクを設定し、それらを同時にこなす際の顔向き・手の向き・体幹の向きの分析を行う。その結果、注意分配の状態に対応する特徴的な動作のパターンが現れることが明らかとなった。

キーワード 注意分配, 視覚的注意, 作業注意, 動作パターン

Analysis of Attention Distribution and Diversity based on Mutual Relation of Human Body Parts

Takanori KURISU[†], Kazuaki KONODO^{††}, and Yuichi NAKAMURA^{††}

[†] Graduate School of Engineering, Kyoto University Yoshidahonmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan
^{††} Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University
Yoshidahonmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan
E-mail: [†]{kurisu,kondo}@ccm.media.kyoto-u.ac.jp, ^{††}yuichi@media.kyoto-u.ac.jp

Abstract In daily life, we often pay attention to multiple targets simultaneously such as eating with chatting. The human behaviors in those situations can be good key to estimate attention distribution inside of the target person and give comfortable support. In this paper, we focus on attention distribution between two similar working tasks that require both of visual attention and pushing with the hand individually, and analyze motions of face, hands, and body with related to that. The results said that several meaningful motion patterns corresponding to particular attention distribution can be measured.

Key words attention distribution, visual attention, attention for hand working, motion pattern

1. はじめに

近年の様々なセンシング技術と情報工学技術の発展により、人間の活動や生活を計算機によって支援することが可能となってきた。しかし自然でさりげなくかつ円滑な支援を提供するには対象人物の内部状態を正確に把握する必要がある。ここでいう内部状態とは身体の生理的な状態はもちろん、喜怒哀楽のような感情や、リラックス/興奮などの精神状態、興味や注意といった意図などを含んだものである。

これら数ある人間の内部状態の中でも我々は注意状態に着目している。注意は興味・関心などと強い相関があるため上手く取り出すことができれば、明示的な要求がなくても提示する、意図を先読みし適切なタイミングで介入する、気づきやすいように伝える、といった支援が可能となる。実際にこれまでも、

自動車運転の補助 [1]・広告利用 [2] を目的に注意の状態を計測・推定する試みがなされてきた。

本研究では「同時に複数の対象に注意を分配している状態(以後注意分配と呼ぶ)」, 特に、外界の(視覚)情報を処理するための視覚的注意と手を動かすために要する注意とが同時に存在する場面に注目し、そのときの人間の振る舞いとの関係を分析する。会話しながら飲食する・レシピを見ながら調理を行う・話を聞きながらメモを取る、など視覚的注意と作業注意が混在する場面は日常生活にも数多く見られる。このような場面の注意分配を正しく計測することができれば、作業の他に注意を払っている対象があるか、気づくべきことに気づいているか、状況にうまく追従できているかどうか、といったことが推定できる。またその結果に基づいて危険な状態を検知して警告し事故を防止する、慣れ、不慣れを判断し適宜サポートするといっ

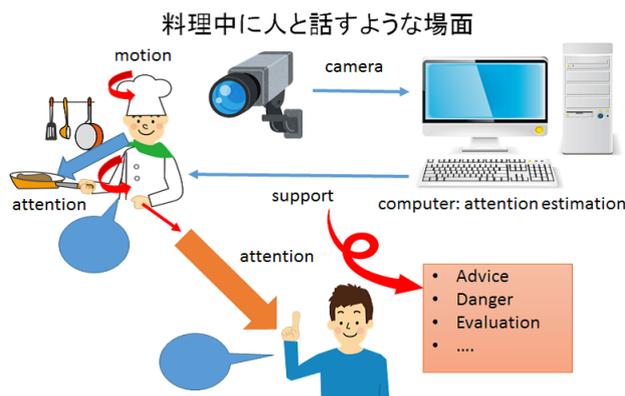


図1 料理中に人と話している場面において注意状態の推定により機械が人を支援する例

たことも可能となる。(図1)

一般に注意の状態は視線計測に基づいて推定されることが多い。しかし視覚的注意と作業注意とを含んだ注意分配を視線という単一のモダリティのみから推定することは困難である。脳波計測等を用いて直接測る方法も考えられるが、一般環境での応用とは親和性が低い。そこで我々は身体全体の振る舞いに注目することで手作業を伴う場面における注意分配の分析にアプローチする。本研究ではその基礎的な調査として、手作業を伴う二種類の類似したタスクを人間の左右に配置した限定的な条件下において、顔・手・体幹の3つの部位の動きを計測し、その結果と注意分配の程度との関係について分析を行う。

2. 関連研究

人間の注意と振る舞いの関係は主に認知心理学の分野で古くから扱われてきた。最も研究が進んでいるのは視覚的注意と視線の関係についてである。対象を中心窩に据えるための眼球運動(サッカード)に始まり、注意を誘導する反射的注意のシフトや共同注視など多岐に渡る報告が為されている。応用の分野では、搭乗者の視線に基づいて注意対象を推定した上で自動走行するロボット[3]や、自動車運転におけるドライバーの注意状態を計測し、熟練者の注意の払い方の分析や覚醒度の推定に用いた例[4][5]などが挙げられる。

近年ではそれら視覚的注意の特性に基づいて、対象人物の視線を計測することなく、視覚刺激のみから注意を予測する仕組みも提案されている。Wickensらは飛行機の操縦席におけるパイロットの注意を予測する方法としてSEEVモデルを提唱した[6]。Ittiらはそれらの知見を確率モデルとして定式化し、顕著性マップを作成する方法を提案している[7][8]。ただしこれらの従来研究では基本的に各時刻においては単一の対象にのみ注意が払われていることを前提としている。

複数の注意を扱った研究には前景と背景に対する注意差[9][10]や視覚的注意と聴覚的注意の関係を調査した事例[11]などがあるものの、そのほとんどは認知的注意と運動注意の組み合わせを扱っている。特に高齢者や身体障害者の安全な生活を目的に運動注意の一種である歩行と様々な認知的注意との関係性に注

目した先行研究が多い。冷水ら[12]は歩行中の脳卒中片麻痺患者に対して年齢の問いかけを行い、その時の立ち止まりの有無[13]に基づいて注意能力を分析している。大淵ら[14]は脳血管障害者に対してコップに入った水をこぼさないように歩く二重課題を与え注意分配や転倒との関係を調べている。また佐藤ら[15]は歩行中の健常高齢者に対して想起問題を与えた時の歩容の変化を分析している。健常成人を対象としては、萩原ら[16]による認知課題と歩行停止の関係や、大西ら[17]による携帯電話操作の影響などが報告されている。これらの先行事例は、歩行(運動注意)と認知課題という「複数の異なる注意モダリティ」の関係に着目したものであり、またそれらに対して同時に負荷を与えた時の反応から対象人物の「注意分配能力」を測ろうとするものである。

それに対して本研究では「複数の異なる注意対象物」に対する「自発的な注意分配の状態」を扱う。我々の生活の中では会話をしながら作業をするといったように興味・注意を引く対象が周囲に複数存在することがしばしばである。それらに対する注意分配の状態(どの対象にどれくらい注意を払っているのか)を知ることができれば、冒頭で述べたような適切な支援を提供するための手掛かりになると考える。

3. 注意分配を誘発するタスクの設計

3.1 タスク設計

注意分配と身体姿勢の一般的な関係を一度に解明することは難しいため、本研究では特定の条件下における注意分配について基礎的な調査を行う。それには注意分配をうまく誘発する設定が重要である。我々は特定のタスクを被験者に実施させることで注意分配を再現・制御する。タスクに対しては以下のような要件を考えた。

(1) 注意対象を2つに限定する: 一般に注意対象は同時に複数存在し、さらにシーン中に連続的に分布すると考えられるが、本研究では簡単のために注意対象は2つでかつ離散的に配置されている場面に絞る。また注意分配の違いが姿勢の違いとして現れやすいようにそれらを配置する。

(2) 注意の対象は視覚的認知と手作業の両方を要するものとする: 2つの注意対象に対して視覚的認知と手作業がそれぞれ対応付けられるような状況設定も考えられるが、本研究では2つの注意対象が同じ質の注意要因を持つ場面を扱う。

(3) 視覚的注意と手作業の注意が競合しないようにする: 片方に注意を割くことで他方の注意がおろそかになってしまう状況を想定しない。

(4) 比較的長く続く注意分配を扱う: 例えば、人と話しているときに大きな音がするといったような状況設定では、単発的・短時間の注意分配しか誘発できず、それゆえ姿勢として明確に現れる保証がない。初期の分析である本研究では、できるだけ多くのデータ(注意分配と姿勢の組)を簡単に取得できる状況を扱う。

要件(1)及び(2)はいわゆる二重課題の設定に類似しているが、従来研究で想定されているような注意モダリティ間(ここでは視覚的注意と作業注意)ではなく、対象物間に存在

する二重性（注意分配）を扱おうとする点が大きく異なる．そのため注意モダリティ間に二重性を与えないような要件（3）も同時に課している．

これらの要件を満たすために、仮想的なタスクを被験者の周囲に2つ配置した環境を想定する（図2）．ここで設定したタスク（図3）は、ディスプレイ上部から一定の速度で一列になって落下するブロックを見ながら、特定の色のものが下方に到達した時にボタンを押してそれを排除する一種のゲームである（以後、本稿では落ちものタスクと表記する）．

ブロックの状態を把握することが視覚的認知に、ボタンを押すことが手作業に相当する．またそれらが要する注意の量が十分に小さくなるように設計することで要件（3）を満たす．具体的には直観的にブロックを区別できるように鮮やかな色群を用いて表示し、目視なしに簡単に押せるように十分に大きなプッシュボタンを採用した．

3.2 注意分配の制御

注意分配と姿勢の関係を分析するには、注意分配を制御するような仕組みも求められる．注意分配は内部状態であるため直接制御することは難しい．そこで Wickens ら [6] によって提唱された SEEV モデルに基づいて間接的に注意分配を制御する方法を採用する．

SEEV モデルでは視線を誘導する要因として、Saliency（出来事の空間的、時間的突出度）、Effort（その注意対象を見るための物理的、心理的努力量）、Expectancy（注意対象の変化の度合い）、Value（注意対象の価値・や重要性）の4つを用いており、これらの線形和から視線停留の確率が導出される仕組みである．本研究では注意対象物間におけるこの値の大小関係を注意分配とみなし、比較的簡単に調整可能な Expectancy (Ex) および Value (V) を通して制御する．Ex が直接示す意味は対象の変化の度合いであり、この値が大きいかほど頻りに視線を向ける必要がある．それを考えると Ex は「一度の視認でどれだけ未来の情報を得られるか」と言い換えることもできる．

そこで片方の落ちものタスクでは被験者が一度に見ることが出来るブロックの数を少なくすることで Ex を大きくし、その結果として注意分配を制御するものとする．以後この操作を施した方の落ち物タスクをメインタスク、他方をサブタスクと呼ぶ．ただしこの方法では所望の注意分配を誘発することはできないが、被験者の内部に存在する注意分配がその通りになるとは限らない．そこで後述の実験では、できるだけブロック仕分けに失敗しないよう被験者に伝えた．加えてその心理状態を保持・強化するために仕分け失敗時に対してペナルティを与え、それを明示することでゲーム性を高めた．なおこのペナルティによって V を制御することが可能である．具体的には、メインタスク側のペナルティを大きくすることで、Ex による注意分配をより強調する．

4. 身体部位の自動計測

4.1 計測対象とする身体部位

被験者から見て異なる方位に存在する2つの落ちものタスク

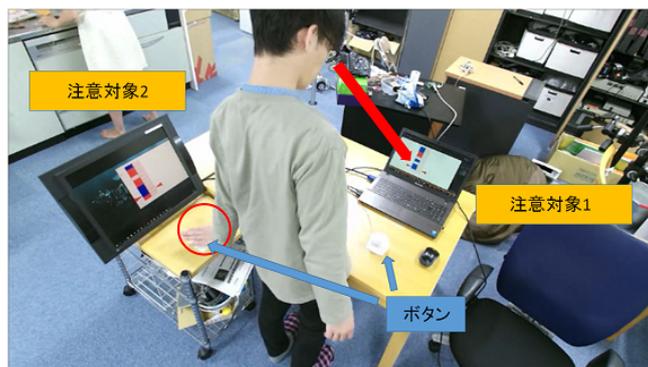


図2 タスク概観

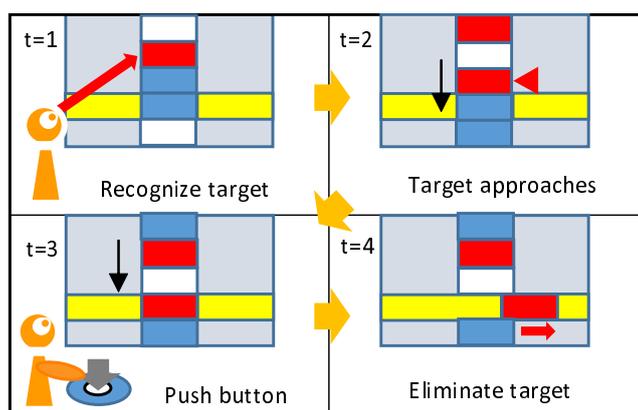


図3 落ちものタスクの模式図

間の注意分配を扱うことから顔・手・体幹を計測対象として選択した．各々の部位と注意分配との関係は以下のように予想される．

a) 顔

主に視覚的注意を反映する身体部位とみなしてその向きを計測する．厳密には視線の方がより強く視覚的注意を反映しているが、タスクを阻害しない条件下では推定精度が低いため、それよりも推定精度の高いと思われる顔向きを採用した．

b) 手

主に作業注意を反映する身体部位とみなしている．作業注意の場合は身体部位のどのような特徴が重要なのかは作業内容に強く依存する．本研究で設定するタスクではボタンを押す作業で、かつ2つのボタン間を行き来することがほとんどであったため向きの計測で十分と考えた．

c) 体幹

総合的な注意を反映する身体部位と考えられるが、それよりも顔や手といった身体部位を物理的に連結する要素であることに注目したい．顔向きや手が速く大きく動くときにはそれに追従して動く性質があり、またそれらが異なる方向に向かうときは制限する効果も持っている．

4.2 計測方法

本研究では画像計測を用いて身体姿勢を計測する（図4）．磁器センサなどを用いる方法も考えられるが、その場合人物に直接取り付ける必要があり物理的な制約が大きくなる．一方で画

像による計測は人間の活動を阻害しにくく様々なシーンで応用が可能であると考えられる。計測にはカラー情報と物体までの深度を同時に非接触で計測できる Kinect for Windows V2 カメラ（以降、単に Kinect と呼ぶ）を用いる。SDK を用いればカラー情報と深度情報から人物領域、人物の関節、顔の特徴点などを簡単に推定できるがその精度はあまり高くはない。ここでは注意分配と姿勢との関係进行分析するための安定かつ高精度な計測手法について述べる。

基本的な方針は SDK を用いて得られるおおまかな位置姿勢に基づいてカラーおよび深度の生データを精査することで精度の向上を目指すものである。以下に部位毎の計測方法について示す。

4.2.1 体幹方向の推定

SDK を用いることで肩関節や腹部の三次元位置は簡単に取得できる。しかしそれらの点で張られる面の法線を体幹方向としても所望の推定精度を得ることは難しい。なぜなら上述の特徴点は検出に有効な形状や色を持っているわけではない上に着衣の影響を強く受けてしまうからである。そこで不安定な少数点だけではなく、それらの点で構成される面の内部に対応する多数の体表点 $\{P_{inside}\}$ を用いることで安定した法線推定を目指す。 $\{P_{inside}\}$ の取得方法は以下のとおりである。

左右の肩及び下腹部の点 P_{sl} , P_{sr} , P_b で張られる三角形の内部の点 P_t は

$$P_t = s(P_{sl} - P_b) + t(P_{sr} - P_b) + P_b \quad (1)$$

のようにあらわすことができる。ただし s, t は $0 \leq s, t \leq 1, 0 \leq s + t \leq 1$ を満たす媒介変数を示す。この P_t に対応する体表点 P_{inside} をカメラ中心と P_t とを結ぶ直線状にあるとみなす。すなわちカメラ射影行列 C_p および深度画像座標から三次元座標へのマッピング M_{2D}^{3D} を用いた

$$P_{inside} = M_{2D}^{3D}(C_p P_t) \quad (2)$$

なる関係から P_{inside} を導出する (C_p, M_{2D}^{3D} は Kinect カメラの内部パラメータであり既知)。こうして得られた多数の P_{inside} から M 推定法を用いて面法線をロバスト推定し、その方位角を取り出して体幹の方向とする。

4.2.2 顔方向の推定

顔の表面は体幹よりも凹凸が激しいため、前節と同様の方法で平面を推定すると却って精度が悪くなってしまう。その一方で目・鼻・口といった顔を特徴づける点は肩や下腹部といった曖昧な部位に比べて精度よく検出できるため、その位置情報を有効活用する。具体的には両眼尻、顎の三次元点を用いることにした。ただしそれら顔特徴点で構成される面は必ずしも顔向きには対応しておらず、個人差も大きい。そこで事前に計測した正面時の 3 点の位置に対する剛体変換を推定してその回転量を顔向きとする。

実験時の時刻 t における両眼尻・顎の三次元位置を $P_{el}^t, P_{er}^t, P_j^t$, 事前に正面を向いたときに計測したそれらを $\bar{P}_{el}, \bar{P}_{er}, \bar{P}_j$ とおくと、所望の剛体変換は

$$\begin{bmatrix} P_{el}^t & P_{er}^t & P_j^t \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} \bar{P}_{el} & \bar{P}_{er} & \bar{P}_j \end{bmatrix} + t \quad (3)$$



図 4 Kinect による身体部位の測定の様子

中の R および t で表される。顔方向の計測に必要な要素は回転成分 R であるため、並進成分 t をキャンセルした上で特異値分解を用いて推定する。

4.2.3 手方向の推定

手部の位置は SDK を用いて簡単に推定できるが、ボタンに触れる際に誤検出してしまうことが確認された。そこで本研究では分析目的を重視して手部に視覚マーカーを装着する方法で精度を担保する。視覚マーカーには再度の高い色の手袋を採用し、色検出に基づいて三次元位置を推定する。なお背景に類似色が存在したときの誤検出を避けるため、別途 SDK より得られる人物領域上に限って検出を行っている。

5. 実験

5.1 目的と方法

実験の目的は、注意分配時に人間はどのような振り舞いをするのかを顔向き・手の向き・体幹の向きの側面から計測・分析することである。実験環境を上から見た状態を図 5 に示す。メインタスクの方位を基準として 90°左側にサブタスクを設置することでメインタスク・サブタスクへの動きが明確に現れる環境を作成した。被験者に対しては以下の説明を行った後に、十分にタスクに習熟させたうえで実験を行った。

(1) 落ちものタスクの概要とペナルティ

(2) 注意分配の設定

(3) タスク実行時の制約 (左手のみを用いてボタンを押すこと、立ち位置を変えないこと、など)

注意の分配の制御は 3 章にて述べたように「一回に視認できるブロックの数」によって行う。表 1 に注意分配の設定とブロック表示数との対応を示す。また落ち物タスクにおける設定は次のとおりである。

- ブロックは赤・青・白の三種類とし、それぞれが、排除すべきブロック・素通りさせるブロック・ブロックが存在しない、ことを意味する。

- 総ブロック数は全ての注意分配設定でメインタスク、サブタスクともに 100 とした。色の内訳は、赤 40, 青 30, 白 30 である。

- ブロックの落ちる順番はランダムとし、人間の記憶の影響を避けるために試行ごとに違うパターンを用いた。なおブ

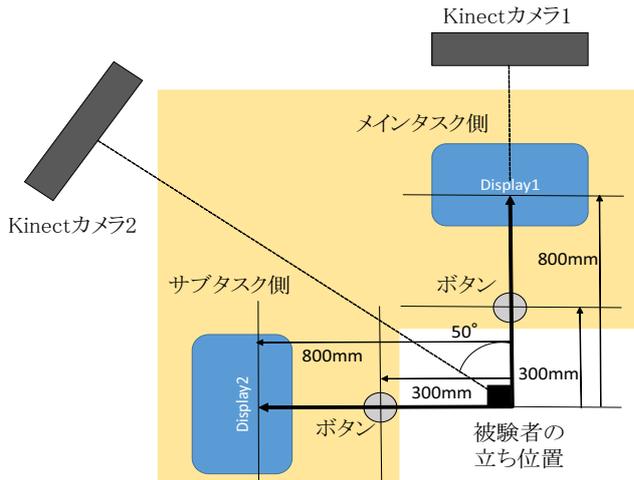


図5 実験環境の上面図。1台のKinectカメラでは所望の計測範囲をカバーできないため本実験では2台用いた。原則的にKinectカメラ1の計測結果を採用するが、計測に失敗した場合にはKinectカメラ2の計測結果を代わりに用いる。両方のKinectカメラで計測に失敗した場合は計測値なしとした。

表1 注意分配の設定とブロック表示数との対応

	一回に見えるブロックの数	メインタスクが要する注意量
設定A	4	全設定の中で最も小
設定B	3	全設定の中で二番目に小
設定C	2	全設定の中で二番目に大
設定D	1	全設定の中で最も大

ロックの落下速度は1.25マス/秒とした。

- 1 試行における実験時間は最初のブロックが排除位置に到達した時点から、最後のブロックが排除位置を通過するまでの約80秒である。

上記設定で大学院生1名の被験者を対象に注意分配の設定A, B, C, Dの4パターンについて実験を行った。

5.2 計測結果

顔・手・体幹の向きの計測値にタスク情報を加えた結果を図6に示す。図の横軸は時刻(sec.)、縦軸はメインタスク方位を基準とした方向(deg.)を表す。また図中の青線・赤線・黄線はそれぞれ顔方向・手方向・体幹方向に対応している。-10deg., 100deg. 付近に表示されている円記号は、その色により排除位置に存在するブロックの色を示している(黒丸のみ例外的に白ブロックに対応する)。また赤と青の十字記号はそれぞれメインタスク側・サブタスク側のボタンが押されたタイミングを示す。

5.3 考察

5.3.1 部位毎の計測からわかること

a) 顔方向

考察 a-1 サブタスク方向における停留時間

サブタスク方向における一回当たりの停留時間(図中青線の凸部分の時間幅)に注目すると、設定AからB, C, Dに変化するにつれて徐々に長くなる傾向にある。例えば、落下パター

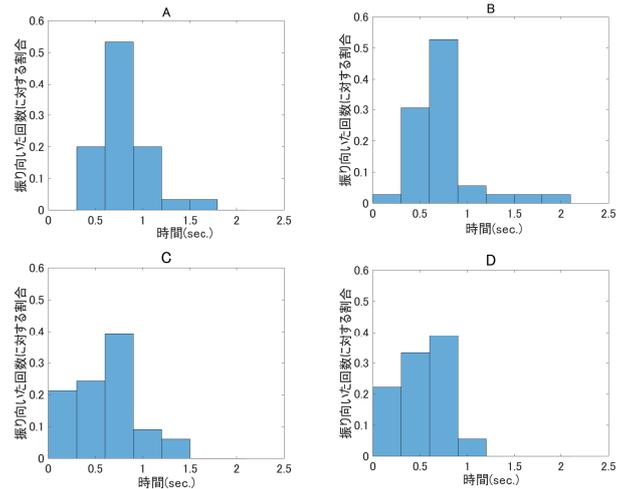


図7 サブタスク方向における停留時間のヒストグラム

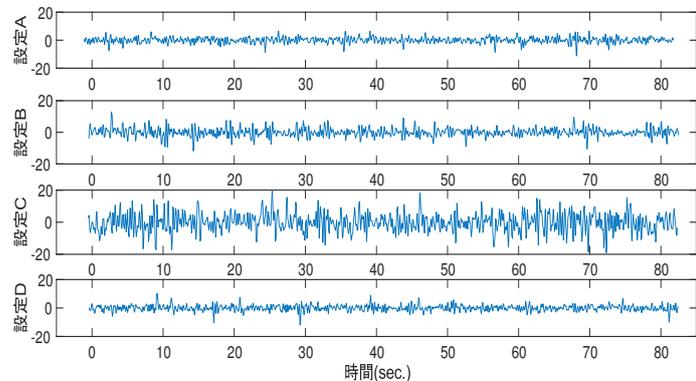


図8 顔方向に対して高周波カーネルを用いてウェーブレット変換した結果

ンが同じ図6中(1)部に注目すると、設定Aでは約2秒間であるのに対して、設定Cでは1秒、設定Dに至ってはほぼサブタスク方向を見ていないことがわかる。この時間の長さを設定毎にヒストグラム化すると図7のようになり、統計的にも同様の傾向が見て取れる。このような振り舞いの差が現れたのは、設定Dにかけてメインタスク側の状況が予測しづらくなるため、可能な限りサブタスク側を向く時間を短縮しようとしたからだと推察する。

考察 a-2 高周波動作の強度

設定Cにおいてぶれのような高周波の動きが他の設定よりも大きくなっている。設定A, B, Dでも図6中(2)のように高周波動作が多少大きく表出する時間帯は存在するが、設定Cほどの大きさは持たない。この傾向を評価するためにDaubechiesウェーブレットによる多重解像度解析をおこなった。周波数がおおよそ4~8Hzと人間の動作としては比較的高周波なカーネルを用いたときの結果を図8に示す。設定AからCにかけて強度が増していき、設定Dに至ると再び強度は低下した。このように設定Cで傾向が変わるような特徴を見つけることができた。

b) 手方向

考察 b-1 サブタスク方向における停留時間

顔方向と同じようにサブタスク方向に手を置く停留時間に注目すると、設定AからB, C, Dに変化するにつれて徐々に長

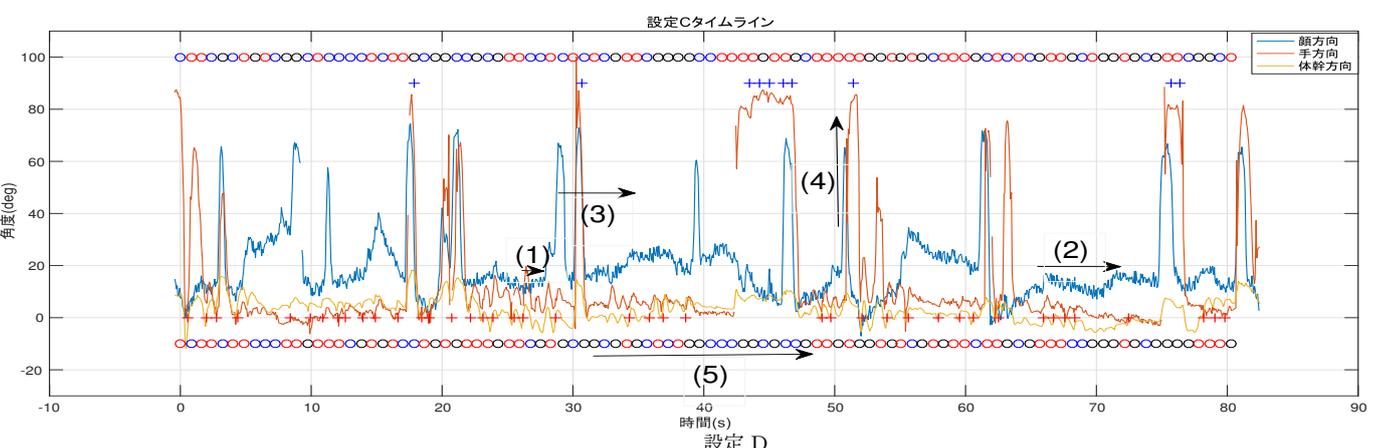
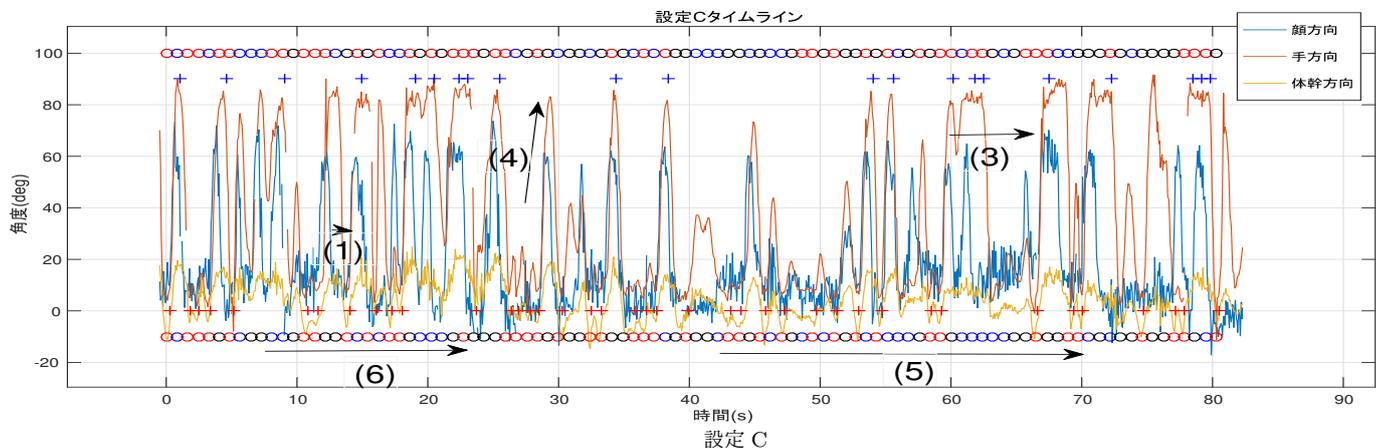
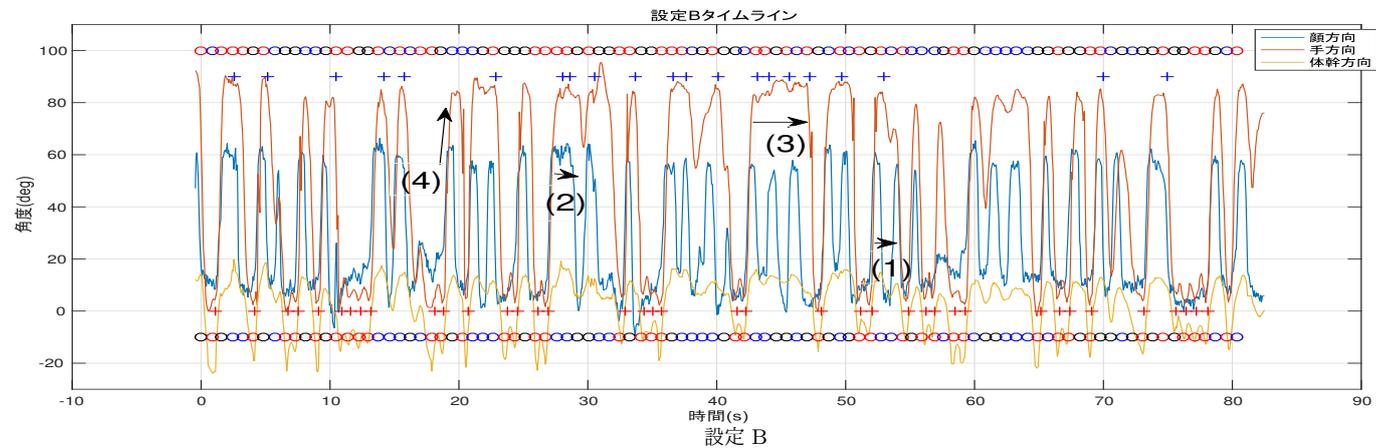
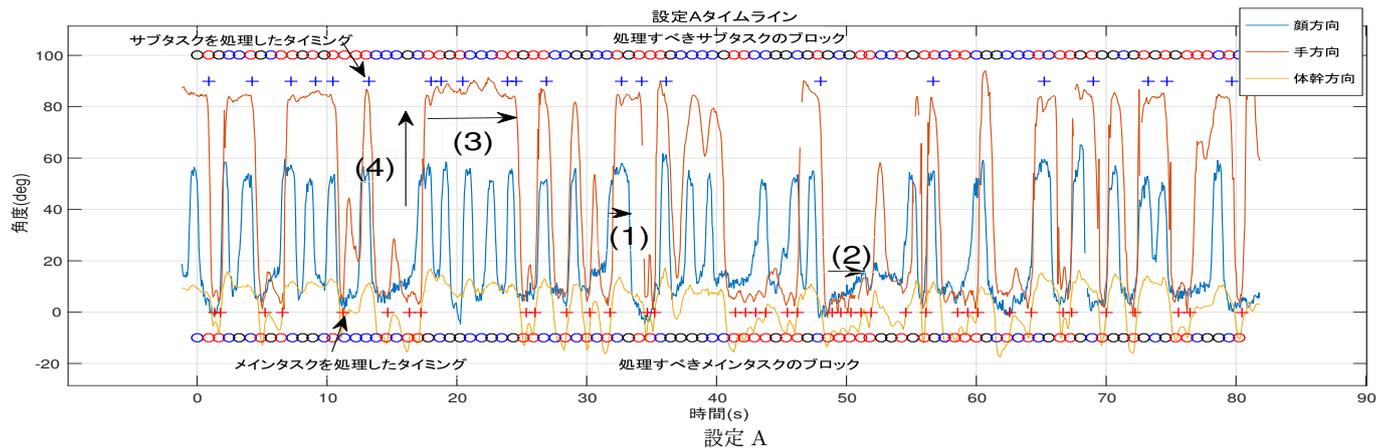


図 6 計測された顔方向・体幹の向き、手の向き、およびタスク情報の時間変化。

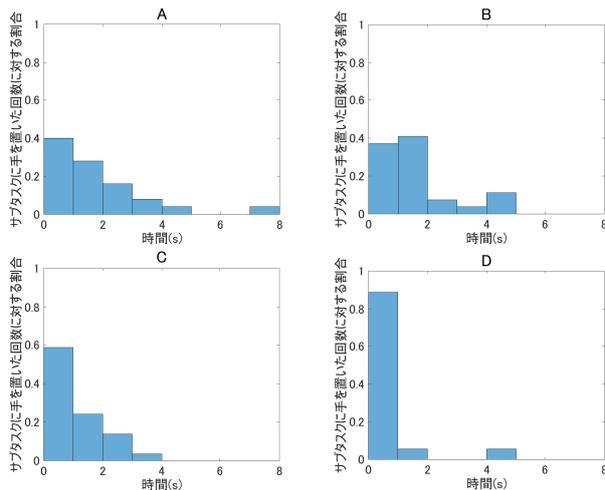


図9 サブタスク方向における停留時間のヒストグラム

表2 タスク間を手が移動したときの平均角速度

	行き (deg./s)	帰り (deg./s)
設定 A	439.3	-297.5
設定 B	320.0	-278.2
設定 C	246.2	-248.0
設定 D	556.9	-352.7

くなる傾向にある。例えば、落下パターンが同じ図6中(3)部を見ると、設定A,Bでは長時間サブタスク側に手を置いているのに対して、設定Cでは途中でメインタスク側に手を戻そうとしたことがわかる。設定Dに至ってはほとんどサブタスク側に手を置いていない。停留時間をヒストグラム化すると図9のようになり、統計的にも同様の傾向が見取れる。このような振る舞いの差が現れたのは顔方向と同じ理由であると考えられる。ただし全体的な停留時間は手の方が長い。本実験の設定では手を動かすことは顔を動かすことよりも運動コストが高く、長時間にわたってサブタスク側に手を置いているとメインタスク側の突発的な作業に対応できないからだと考えられる。

考察 b-2 タスク間を移動するときの速度

タスク間で手を移動させるときの速度に着目すると設定Cではほかの設定に比べ小さくなっていることがグラフの傾きから読み取れる。例えばサブタスク側に手を移動させている図6中(4)に着目すると設定Cは他の設定と比べ傾きがなだらかになっている。メインタスクからサブタスクへの移動を行き、その逆を帰りとした時の速度平均を表2に示す。行きの速度に着目すると設定Aから設定Cにかけておよそ100deg./sずつ速度が小さくなっている。ただし設定Dではその傾向は見られず4つの設定の中で最も大きな速度となっている。また行きと帰りを比べると、ほぼ同じである設定Cを除いて帰り速度の方が小さい。これらの特徴は注意分配の重い対象(メインタスク)と軽い対象(サブタスク)を識別するための良い指針となりうると考える。

c) 体幹方向

考察 c-1 体幹方向の動きの量

体幹方向の動きが設定C, Dでは設定A, Bよりも小さくなる様子が例えば図6中(5)のような時間帯に見られる。体幹

表3 体幹方向の分散値

	分散値 deg. ²
設定 A	71.2
設定 B	104.4
設定 C	52.8
設定 D	19.3

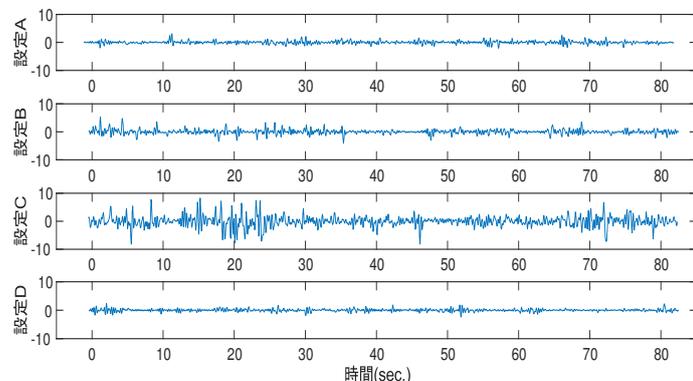


図10 体幹方向に対して高周波カーネルを用いてウェーブレット変換した結果

方向の分散値からも同様の特性が得られた(表3)。体幹は運動コストが非常に高いため、素早くかつ大きく動かすことは難しい。設定Aや設定Bでは比較的メインタスク側に余裕があるためゆっくりだが大きく動かせる。しかし設定Cや設定Dなどの多忙な状態では素早く動かす引き換えに大きく動かすにくくなると考えられる。

考察 c-2 高周波動作の強度

顔方向と同じように設定Cでは高周波の動きが目立つ(図6中(6)部など)。ウェーブレット解析の結果も顔向きの場合と同様であった(図10)。しかし顔方向では実験時間全体にわたって上記の傾向が見られたのに対し、体幹方向では異なる傾向を示す時間帯もある。

以上のように注意分配に対応するようないくつかの特徴を部位毎の測定結果から得ることができた。また、顔、体幹方向の高周波動作に対する解析や手方向の速度解析から、設定Aから設定Cにかけて特徴が単調に変化し設定Dにおいて再び設定Aに近い特徴に戻ることも明らかとなった。これらの分析により注意分配を含むタスクに対しては大きく分けて以下の3つのモードがあると考えられる。

- (1) 余裕をもって両タスクをこなすことができるモード(設定A,B)
- (2) 両タスクをこなすのに余裕がなくなり、動きがあわただしいモード(設定C)
- (3) サブタスクをあきらめメインタスクのみを専念するモード(設定D)

このことからいつ何色のブロックが落下し、どのブロックが除去されたかの情報が与えられれば各身体部位の測定結果からモードの推定を通して注意分配の程度をおおよそ推定できることがわかった。ただし実際の日常場面では一定の注意分配が長

表 4 メインタスク側からサブタスク側へ方向が変化したときの動作パターンの分布。() 内の数は総数に対する割合を示す。

	パターン I	パターン II	パターン III	パターン IV
設定 A	13(0.59)	5(0.23)	2(0.09)	2(0.09)
設定 B	18(0.69)	7(0.27)	0(0.00)	1(0.04)
設定 C	18(0.51)	2(0.06)	5(0.14)	10(0.29)
設定 D	8(0.42)	0(0.00)	7(0.37)	4(0.21)

時間持続することは少ないため、より短い時間の計測値から注意分配を推定することが求められる。次節では複数部位の関係に着目すれば短時間の計測値からでも注意分配の違いが読み取れるかどうかについて検討する。

5.3.2 複数部位の関係性からわかること

本実験の設定ではメインタスク方向に身体部位が停留する傾向にあるため、メインタスク側からサブタスク側へ方向が変化するときの短時間区間(およそ5秒)に着目した。すると以下のような特徴的な4つの動きのパターンがみられた。

- I すべての部位がサブタスクを向き、戻ってくるような動き
- II 一度はサブタスク方向に顔、手、体幹のすべてを向けるがその後顔だけが何回かメインタスク方向に戻るような動き
- III 顔だけがサブタスク側を向く動き
- IV 手と体幹だけがサブタスク側を向く動き

これらの動きのパターンを集計した。結果を表4に示す。この結果から読み取れる特徴は以下のとおりである。

- 設定 A,B ではパターン I, II が多くなり、パターン III や IV はほとんど現れない。
- 設定 C ではパターン III や IV のような手・体幹・頭とが独立しているパターンが設定 A, B に比べると多くなっている。
- 設定 D ではパターン I の割合が減りパターン III や IV と同程度なる。

これらの分析結果から短い時間の測定結果からでも、複数身体部位の関連性に着目すれば注意分配を推定することが可能であることがわかった。

6. おわりに

本研究では視覚的注意と手作業のための注意が存在する状況での注意分配について基礎的な調査を行った。実験には注意対象を2つに限定する、比較的長く続く注意分配を扱うといった条件を満たすように設計したタスクを用いた。また、一度の視認で得られる情報量に基づいて注意分配を間接的に制御する方法を採用した。注意分配の設定と顔・手・体幹のそれぞれの向きについて分析を行ったところ、3つのモードの粒度であれば注意分配の推定が可能であることがわかった。

今後の課題として、より短時間の計測結果からの推定方法を検討するために、身体部位間の同期状態をさらに詳しく調査することがあげられる。各身体部位は連結されているため効率よく運動しようとするればその同期が大きくなることはないと考えられるが、注意分配によってはそれらが崩れる可能性がある。現在それらの特性を制御モデルに基づいた手法で解析する計画

を進めている。

文 献

- [1] Anup Doshi , Mohan M. Trivedi, "Attention estimation by simultaneous observation of viewer and view, Computer Vision and Pattern", Recognition Workshops (CVPRW), 2010 IEEE Computer Society Conference, 11466840 , 09 August 2010
- [2] Edward Rosbergen, Rik Pieters and Michel Wedel, "Visual Attention to Advertising: A Segment-Level Analysis", JOURNAL OF CONSUMER RESEARCH, Inc., Volume 24, Issue 3, 1 December 1997
- [3] 足立 佳久, 恒成 裕行, 松本 吉央, "ユーザの注意推定に基づく搭乗型移動ロボットの走行支援システム", ヒューマンインタフェース学会論文誌 6(3), 265-274, 2004-08-25
- [4] 瀬谷 安弘, 中易 秀敏, 三好 哲也, "自動車運転作業時の眼球運動解析による視覚探索法略に関する研究", 電子情報通信学会技術研究報告:HIP, 107(369), 125-130, 2007-11-29
- [5] 和久井 秀樹, 平田 豊, "サッカー運動を指標とした覚醒低下検知", 生体医工学, Vol. 51 (2013) No. 6 p. 328-341
- [6] C. D. Wickens, J. Goh, J. Helleberg, W. J. Horrey, and D. A. Talleur, "Attentional models of multitask pilot performance using advanced display technology. Human Factors", The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol. 45(3), pp. 360-380, 2003.
- [7] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, "A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.11, pp. 12541259, 1998.
- [8] L. Itti and C. Koch, "Computational modeling of visual attention. ", Nature Reviews Neuroscience, Vol.2, pp. 194230, 2001.
- [9] Massimo Turatto, Alessandro Angrillia, Veronica Mazzaa, Carlo Umilta, Jon Driverb, "Looking without seeing the background change: electrophysiological correlates of change detection versus change blindness", Cognition, Volume 84, Issue 1, B1B10, 2002.
- [10] Veronica Mazza, Massimo Turatto, Carlo Umilt, "Foregroundbackground segmentation and attention: A change blindness study", Psychological Research , Vol.69, Issue 3, pp.201-210, 2005.
- [11] 渡部 博, 北島 律之, "視覚的負荷がある場合の視聴覚の選択応答", 電子情報通信学会技術研究報告: HIP, Vol. 105, No. 165, pp. 107-110, 2005.
- [12] 冷水 誠, 笠原 伸幸, 中原 栄二, 中谷 仁美, 西田 真美, 望月 弘己, 松尾 篤, 森岡 周, 庄本 康治, "脳卒中片麻痺患者における "Stops Walking When Talking Test" と注意能力の関係 Trail Making Test を用いての比較", 理学療法学, Vol. 33-2, pp.38, 2006.
- [13] L. L. Olsson, L. Nyberg , Y. Gustafson, " "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people", The Lancet, Vol. 349, Issue 9052, pp. 617, 1997.
- [14] 大淵 康裕, 浅井 葉子, 宮下 有紀子, "Dual task による注意分配能力評価と転倒の関係", 理学療法学, Vol. 31-2, pp. 250, 2004.
- [15] 佐藤 駿祐, 山口 慶太, 本井 幸介, 佐川 貢一, 木立 りり子, "二重課題歩行特性とワーキングメモリを利用した健常高齢者の転倒危険性の評価", 生体医工学, Vol. 52, O-23-O-24, 2014.
- [16] 萩原 晃, 朝倉 智之, 和田 直樹, 白田 滋, "歩行停止動作における二重課題の影響", 理学療法科学, Vol. 30, No. 5, pp. 679-682, 2015.
- [17] 大西 耕平, 下井 俊典, 丸山 仁司, "二重課題歩行における携帯電話操作課題と運動課題、認知課題との比較", 第48回日本理学療法学会大会予稿集, 2012.