

歩行パターンからの健脚状態の特徴抽出*

長谷川 卓也** 白石 昌武***

Key words: gait pattern, area method, health condition, feature extraction

1. 結 言

「老化は脚から」とはよく言われる言葉である。日常生活における歩行の動作は、種々の筋肉の動きや感覚のバランスで成り立っており、これらの複合的な動きの能力が脚の健康状態に直接結び付いている。これから本格的に迎える高齢者社会にあって、高齢者の健康のパロメータの一つとして健脚度がますます重要になると思われる。人の脚の健康状態をどのように評価するかについての明確な基準はなく、単に器具を使用して運動能力や物理的能力（筋力や伸長力など）を数値的に求め、年齢と比較して標準より高い、あるいは低い等の表現をしているに過ぎない¹⁾。しかしこのような方法は、高齢者に緊張感を与えるばかりでなく肉体的にも負担となり、必ずしも好ましい方法とは言えない。

このような背景を踏まえ、本研究では生活の中の動作である自然の歩行に注目し、その歩行パターンから高齢者社会に向けての健脚の状態を評価する一方法を提案する。具体的には、年代を問わず健常者の歩行状態とはいかなる特性を示すかの知見を得、障害等を持つ人との相違について検討する。それによって、健康福祉機器としての補助歩行システムの開発が今後期待できる²⁾。

2. ワイヤフレームモデルによる歩行パターンの抽出

図1(a)に示すように被験者右脚のつま先、かかと、くるぶし、膝、足の付け根に直径25mmの円形マーカを装着し、自然の歩行状態を、床からの高さが0.65mの位置に設置されたビデオカメラで側面から撮影する(図1(b))。得られた映像を画像処理ボードを介してパーソナルコンピュータに取り込み、マーカを追跡することによって歩行パターンを抽出する。画像の解像度は320×240画素、画像のフレーム幅は2mであるので、1画素は約6.25mmとなる。

取得した座標データを基に、つま先、かかと、くるぶし、膝、付け根を結んで得られたワイヤフレームモデルの一例を図2に示す。図の(a)は20代男性の健常者、(b)は60代男性の健常者、(c)は60代男性の健常者であるが腰痛ありの被験者、そして(d)は70代の男性で右不全麻痺のリハビリ中の患者の右脚を示したもので、これらのデータのみを比較する限りにおいては明確な相違は把握し難い。

3. 面積法による特徴抽出

3.1 面積評価法

図2の方法で得たワイヤフレームモデルから各マーカ位置に対応する部分の軌跡を求め、次に述べる方法で面積を算出

する。まず得られた軌跡について、歩行の進行方向(周期方向)をx軸、それに垂直方向(高さ方向)をy軸とする。図3(a)のように、軌跡の連続する2点間を斜辺とする直角三角形の面積 S_n を式(1)により求める。その面積の変化の状態を S_n とn点との関係として図3(b)のようにグラフにして順次描き、その全体の概形から歩行に関する特徴を抽出する。

$$S_n = \frac{(y_{n+1} - y_n)(x_{n+1} - x_n)}{2} \quad (1)$$

なお図3(b)でくるぶしと付け根を結ぶ線分が、床と垂直になる位置を1歩行周期の始めと終りとした。

3.2 被験者からの特徴抽出

健常な被験者として、年代別に以下に示す男性を対象に歩行パターンを取得した。参考までに図2(c)および(d)に示した腰痛あり、および右不全麻痺の被験者についても評価を行った。

(1): 20代	8人	} 男性 健常者
(2): 30代	6人	
(3): 40代	6人	
(4): 50代	6人	
(5): 60代	6人	
(6): 60代男性	1人	腰痛あり
(7): 70代男性	1人	右不全麻痺

これらの被験者について、面積法により求めた結果を図4に示す。測定対象であるつま先、かかと、くるぶし、膝、付け根のうち、ここではつま先とかかとについて、20代、40代、60代の健常者、および腰痛ありと右不全麻痺の被験者を示してある。20代については8人の、また40代と60代については6人の平均で表した。平均値を用いた理由は、部分的な若干のパターンの相違を除いては、全体的に同様の歩行状

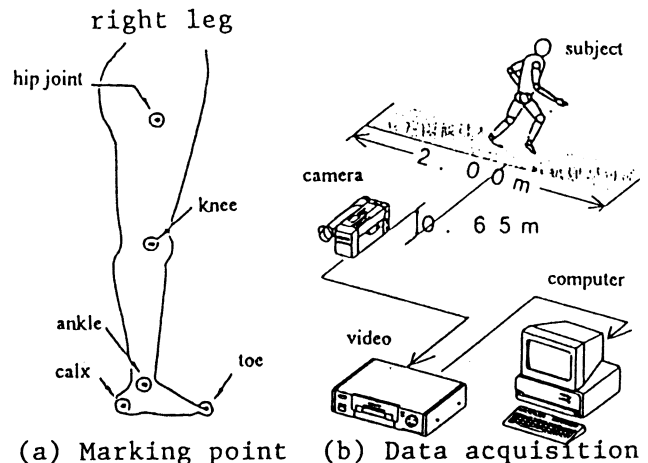


Fig.1 Experimental setup

* 原稿受付 平成9年12月25日

** 学生会員 筑波大学大学院 (筑波市天王台1-1-1)

*** 正会員 茨城大学工学部 (日立市中成沢町4-12-1)

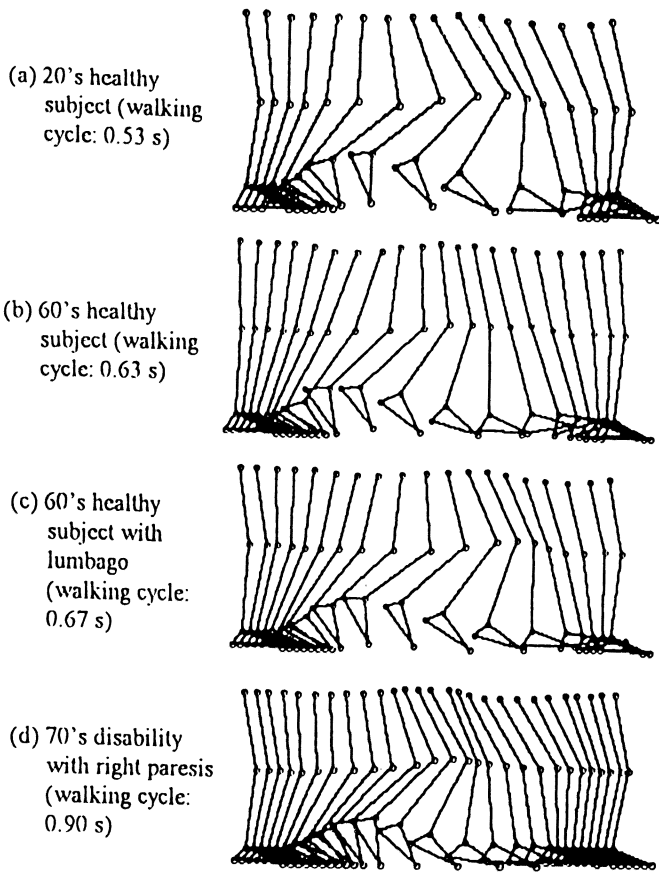


Fig.2 Wire-frame model

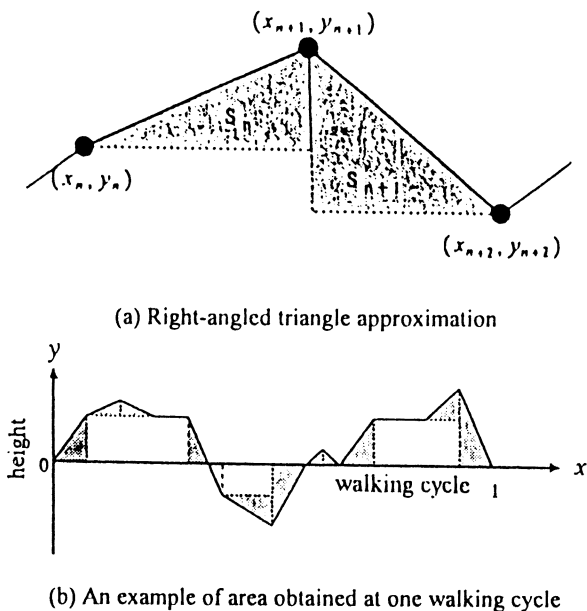


Fig.3 Area method

態が得られたからである。横軸は1歩行距離を1として正規化してある。まず図4(a)のつま先の場合を見ると、健常者については各歩行距離に対する面積の値は異なっても、面積変化全体の様子は年代に依存することなく、ほぼ同じようなパターンが得られている。これに対し腰痛ありおよび障害

者では健常者と全く異なった結果を示す。データを見やすくするため、30代と50代の結果は示していないが、前者については20代に近く(各歩行距離に対する面積の値が20代を越えることはない)、また後者の場合は40代に近い面積変化パターンが得られた(50代の場合、歩行距離が0から0.4付近で40代に非常に近接している)。

これに対し図4(b)のかかとについては、つま先の場合のように年代別による健常者間のみならず、健常者と腰痛ありおよび障害者との明確なパターンの相違も把握し難い。データとして示していないが、他のくるぶし、膝、付け根の場合についても同様であった。

さて本提案の面積評価法により、つま先の場合について年代にほとんど依存しない健常者の歩行の特徴が得られた。歩行の際にはつま先離床からかかと着床まで、歩行の加速期、遊脚中期、減速期を通じて下肢筋群が活動し、関節の複雑な運動が行われる。つま先はこれらの安定な運動を与える“出発点”であり、その踏み出しの状態が以後の歩行状態を左右することを考えると、図4(a)で得られた健常者についての結果はこの安定な歩行の指針であると思われる。すなわち面積の大小は年代による一種の活力を表し、面積変化全体のパターンは、年代によらない健常者の安定な歩行の指標であると考えられる。

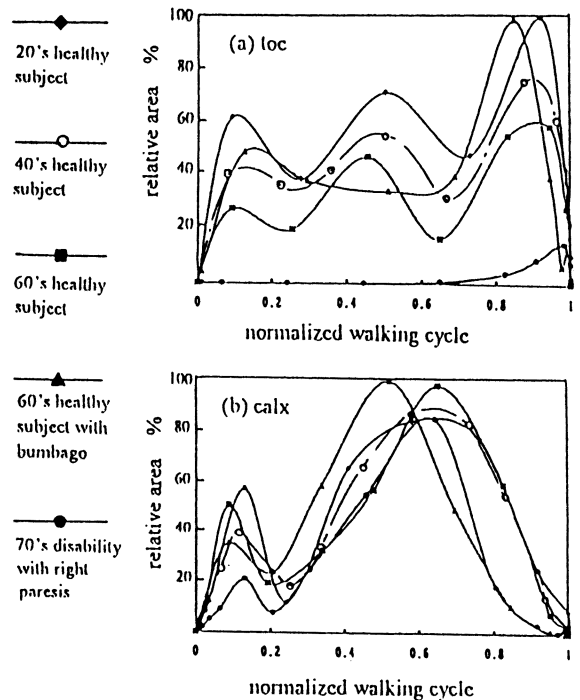


Fig.4 Feature extraction results

4. 結 言

人の自然の歩行に注目し、その右脚の歩行パターンをもとに面積法による評価法を提案した。その結果つま先について、年代に依存しない健常者の特徴抽出が可能となった。今後、得られたデータをもとに細かな歩行解析に役立てたいと考える。

参 考 文 献

- 1) 舟久保 康, 初山 泰弘: 福祉工学, 産業図書, (1995).
- 2) M.Shiraishi and H.Watanabe: Pneumatic Assist Device for Gait Restoration, Trans. ASME, J. Dyn. Syst. Meas. Control, 118, 1 (1996) 9.

3次元単結晶ダイヤモンドバイトの刃先温度測定*

佐藤昌彦** 竹田陽一*** 上田隆司†

Key words : single crystal diamond, ultra precision turning, cutting temperature, temperature measurement, two color pyrometer

1. 緒言

ダイヤモンド工具は、高い精度が要求される精密部品の仕上げ加工に対して主に使用されている。このような製品の加工において、切削熱による被削材および工具の温度上昇は、仕上げ面精度の低下や工具摩耗の原因となるため、切削による温度上昇を予測し抑制することは極めて重要である。ところが、ダイヤモンドは電気絶縁体かつ高硬度であり、しかも切込みが微小であることから、工具刃先温度の測定は極めて困難である。

筆者らは既報¹⁾において、実験と理論の両面から工具刃先温度について検討してきた。すなわち、赤外線に対するダイヤモンドの透光性を利用し、切削中に工具-切りくず接触面から輻射されて工具内を透過してきた赤外線を工具裏面から検出することによって、すくい面温度を測定している。また、すくい面の温度分布を有限要素法を用いて計算し、実験結果と解析結果からすくい面上の最高温度を求めている。その際、有限要素法を適用するために、モデル化の容易な加工状態を作り出す必要から2次元切削を行っている。ダイヤモンドバイトも試作しており、直方体の単結晶ダイヤモンドをシャンクに固定する方法をとっているため、逃げ角を設定するためにはすくい角が負となり、実作業で用いられているダイヤモンドバイトとは条件が少し異なっている。

そこで本報では、既報において十分な精度で測定可能と分かった温度測定法を、3次元切削状態にあるダイヤモンドバイトのすくい面温度の測定に適用してみるとともに、既報の2次元切削で得られた結果とも比較してみた。

2. 実験方法

表1に実験条件を、図1にダイヤモンドチップの工具形状を示す。前報の2次元切削ではすくい角を -5° としたが、本研究では実作業で用いられるダイヤモンドバイトを用いており、すくい角が 0° となっている。刃先は天然単結晶ダイヤモンドで、チップにろう付けされている。ノーズ半径は 0.8mm で、2次元切削の直線切れ刃と大きく異なっている。被削材には純アルミニウムと無酸素銅を用いており、切込み量と切削速度を変化させ

ている。切削抵抗は圧電型動力計によって工具に作用する力を測定している。送りは切削条痕が重ならないように大きくしているが、回転速度に比べて送り速度は十分小さく、作用する切削抵抗として主分力と背分力の2分力を扱えば十分である。

温度計の基本構成を図2に示す。温度測定対象が温度計の測

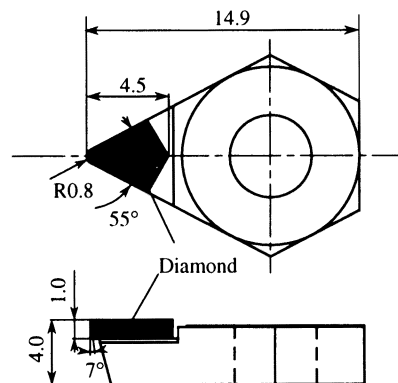


Fig.1 Tip geometry

Table 1 Experimental conditions

Cutting tool	Single crystal diamond
Rake angle	0°
Clearance angle	7°
Nose radius	0.8mm
Workpiece	Aluminum, Copper
Depth of cut	0.01 - 0.04 mm
Cutting speed	305 - 920 m/min
Feed	26.3 mm/s (5.26 - 1.75 mm/rev)
Dry cutting	

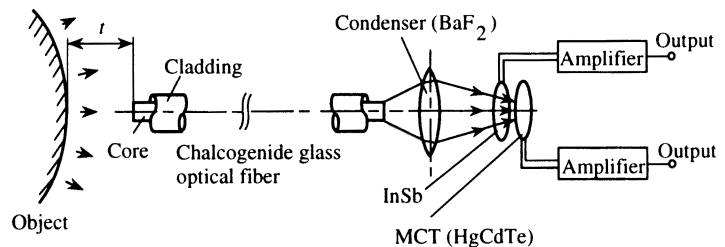


Fig.2 Fundamental structure of two color pyrometer

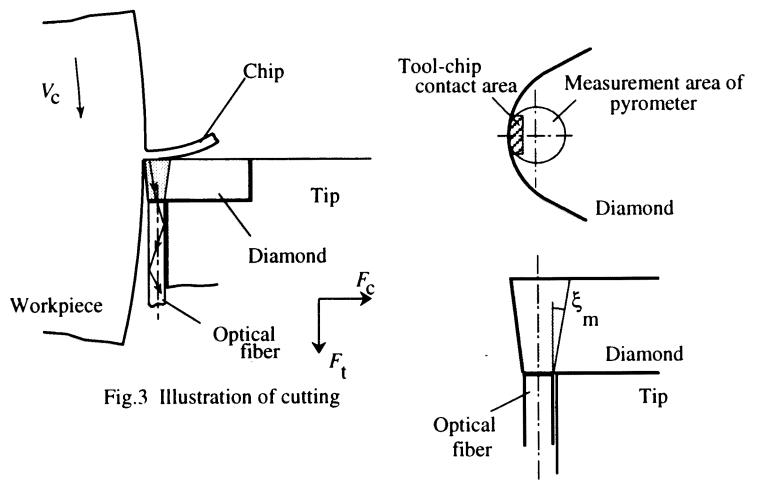


Fig.3 Illustration of cutting

Fig.4 Measurement area of pyrometer (Depth of cut : $30\mu\text{m}$)

* 原稿受付 平成10年4月30日
 ** 正会員 富山県立大学工学部 (富山県射水郡小杉町黒河5180)
 *** 三協アルミニウム工業(株) (高岡市早川70番地)
 † 正会員 金沢大学工学部 (金沢市小立野2-40-20)

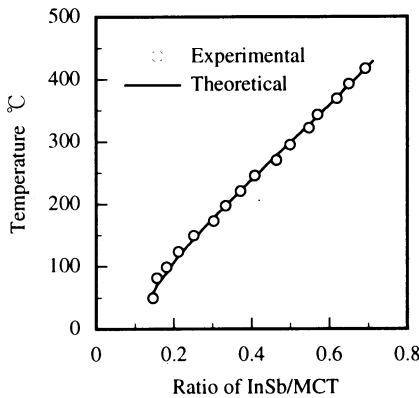


Fig.5 Calibration curve of InSb/MCT pyrometer

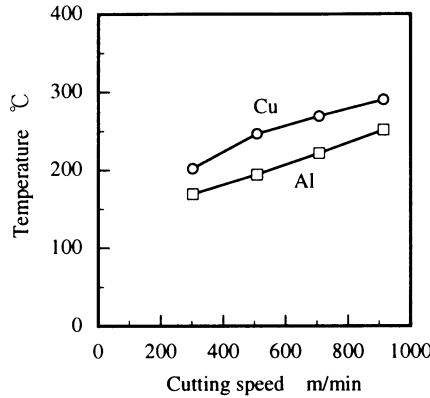


Fig.7 Variation of rake face temperature with cutting speed
Depth of cut : 30µm

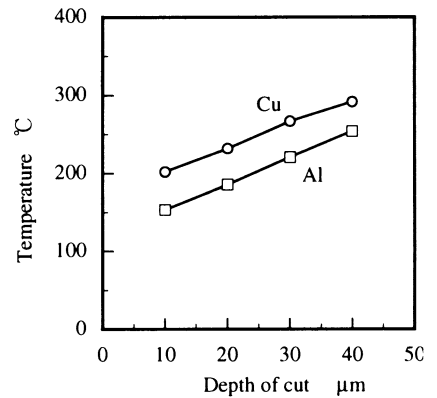
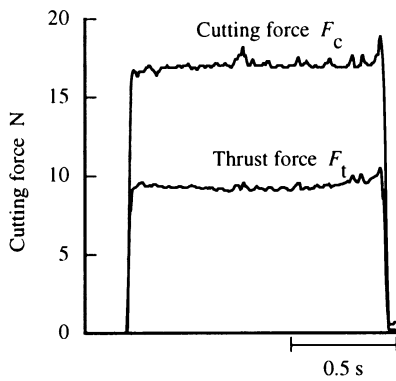
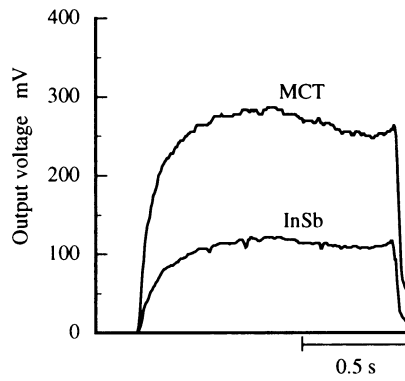


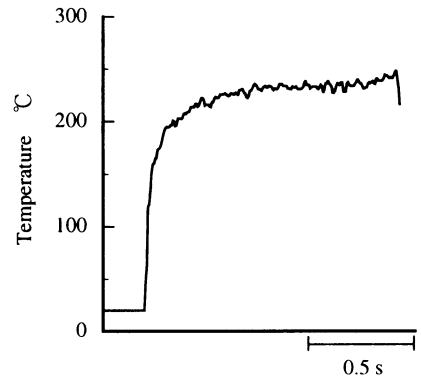
Fig.8 Variation of rake face temperature with depth of cut
Cutting speed : 710m/min



(a) Output of dynamometer



(b) Output of pyrometer



(c) Temperature history

Fig.6 Output wave

Workpiece : Cu, Cutting speed : 510 m/min, Depth of cut : 30µm, Feed : 3.16mm/rev

定領域よりも小さいことから、2色温度計を用いている。測定対象面から放射された赤外線は光ファイバによって受光、伝送され、集光レンズを介して赤外線検出素子に導かれて電気信号に変換される。温度測定系は既報と同様である。

図3に切削状態を示す。光ファイバをセットするため、チップ端部をわずかに除去している。切削中に工具すくい面と接触状態にある切りくずから放射された赤外線は、ダイヤモンド内を透過した後、光ファイバで受光され、温度計に導かれる。図4に刃先温度測定状態を示す。光ファイバの受光面はダイヤモンド裏面に密着した状態にある。このとき、工具すくい面における温度計の測定領域は、ダイヤモンドの屈折率($n=2.42$)を考慮すると図のようになり、切りくず接触領域より大きくなる。しかし、既報で確認したように、すくい面上の温度勾配は小さく、また、温度分布の影響を大きく受けない2色温度計の特性より、測定温度と最高温度との差はわずか2%程度である。温度分布を求めることによりこの差をなくすることも可能であるが、ここでは測定値をそのまま用いることにする。

図5に温度計の校正曲線を示す。

3. 実験結果

銅を、切削速度510m/min、切込み30µmで切削した際の測定波形を図6(a)~(c)に示す。図6(a)は切削抵抗の2成分で、図6(b)はInSb、MCTからの出力、図6(c)は図6(b)の出力比を求め、温度に換算したものである。図より、工具刃先温度は約

230°Cとなっていることが分かる。

図7に、AlとCuの場合における切削速度と測定温度の関係を示す。同図より、切削速度の増加とともに刃先温度は増加し、Cuの場合、920m/minではおよそ300°Cに達している。また、図8より、切込みが増加するにつれて刃先温度は増加している。これらの結果を既報の2次元切削の結果と比較すると、切削速度710m/min、切込み10µmにおいて、既報ではCuで約220°C、Alで約200°Cであるのに対し、本報ではそれぞれ200°C、155°Cと、20~45°C程度低くなっている。本報ではすくい角が大きいこと、切れ刃コーナ部での切削であるために切削幅が小さく熱が拡散しやすいこと、切取り厚さが刃先中心に比べて端部では小さいことなどが主たる原因と考えられる。しかし、両者の差は小さく、既報の取扱いが十分であるといえる。

4. 結 言

赤外線に対するダイヤモンドの透光性を利用してすくい面温度を測定する方法を、実作業に使われているダイヤモンドバイトに適用した。その結果、切削速度や切込み量の増加とともに刃先温度は増加し、切削速度710m/min、切込み10µmにおいて、Cuで約200°C、Alで約150°Cとなった。

参 考 文 献

- 1) 佐藤昌彦, 上田隆司, 西田昌弘: 単結晶ダイヤモンド2次元切削における工具すくい面温度の測定, 精密工学会誌, 64, 6(1998) 892.