

手びきのこぎりのひき曲がり簡易検出方法

田所千明¹

筑波大学生命・情報等教育研究支援室（農林工学系）

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

手びきのこぎりによるひき曲りは作業中にどのような手の動きから起こるかを、レーザー光等を用い簡易検出した。その結果、作業者ごとの特徴のある手の動きを捉えることができた。また、未熟練者と中級技能者の力の入れ方の相違が認められた。

1. はじめに

現代はものにあふれ、何一つ自分で作る必要がない。人は物を作ることの楽しみや出来上がった時の充実感を失っている。ハイテク化の現代にあって直接生産に携わる機会が減り、何を作っているのかさえ分らないようになってきている。また、ハイテク化が進めば人間性復活としてレジャー・ガーデニング・料理・日曜大工等が盛んになると言われている。人はもともと手を使って道具をつくりものをつくる能力を与えられた動物であった。その道具を扱う腕・手・指を制御する領域は脳の約半分を占めると言われている。また、ものをつくるには巧緻性が必要とされるが、人はより精度の高い作品を目指す向上心を持っている。つくりもの（既製品）でない自分の感性にあったものがこれからは求められてくる。

平成 11 年にもものづくり基盤技術振興基本法（ものづくり基本法）が成立し、その基本理念に、ものづくり基盤技術に関する能力を尊重する社会的気運の醸成を挙げている。木材によるものづくりには、そのような基盤技術が総合的に盛り込まれている。切る、削る、磨く、接合する、穴を開ける、曲げる等基本的な加工技術があり、手工具や小型木工機械などで、ものづくりを実行しやすい。また、非力な子供や女性の力でも加工する事が可能であり、しかも材料の入手も容易である。

生物資源学類の生物材料加工学実習は、中学校技術・家庭科の教員免許取得等を目的とした学生が受講している。本実習では主に手工具による木材の加工を行っている。手工具は作業者のクセが出やすく使いこなすのに時間がかかる。なかでも手びきのこぎりによる作業は未熟練者の苦手としているところである。のこぎりびき作業の基本は、けがき線どおりに真っ直ぐに所定の平面に正しくのこぎりびきができ、しかも正しい姿勢、正しいのこぎりの持ち方と無駄のない力の入れ方ができるようにすることである。この基本を身に付けるには、のこぎりびき作業中の体や手の動きを調べ確認する必要がある。そ

こで今回、のこぎりびき動作の要である手の動きを表現できるようにしたいと考え、簡単な装置を用いて検出を試みた。

2. 実験

始めに、レーザー発光器（周波数 670nm）を水平・垂直方向に微小角度を持たせて埋設し、電源となる電池 2 本が収まるのこぎりの柄を作成した（増加重量 140g）。これに目印（のこぎり先端部）1 つを付けた 270mm の替え刃式のこぎり歯を取り付けた。供試材にはロジポールパイン（厚さ 34mm、幅 100mm、長さ 620mm）を用いた。そして供試材長手方向に垂直となるよう、3.6メートル遠方に鏡の付いたスケールを設置した（図 1 参照）。

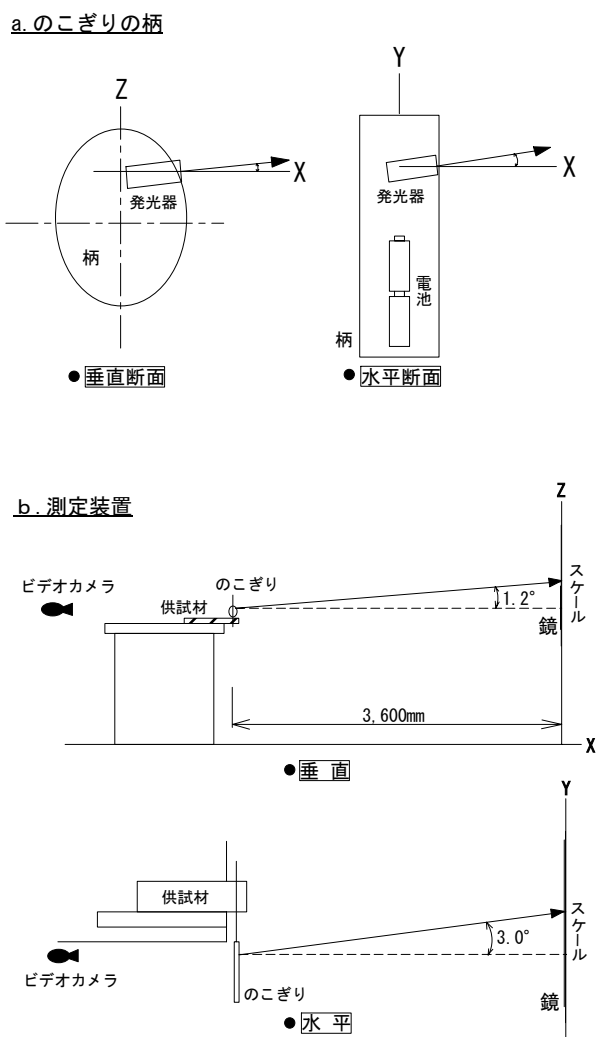


図 1. 実験装置

¹ E-mail: chigira@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

次に、レーザー光を発光させながら上述ののこぎりを用いて、予め上面にけがき線を引いた供試材を50回片手で垂直に横びきした。のこぎりに埋設したレーザー発光器と目印とした点が鏡面に、また、レーザー発光器より放たれた投光点はスケールおよび鏡面上に、それぞれ映る。発光器、目印および投光点の動きをデジタルビデオカメラで撮影し読み取った。理想的な投光点の位置は、けがき線に平行でかつ、ひき材面に垂直な状態にあるのこぎりより発せられた投光点とした。被験者は未熟練者2名と中級技能者1名である。

なお、ビデオカメラで撮影された画像は縮小され映るので、撮影された鏡に映る基準の長さを基にスケールの縮尺を求めた。縮尺は約56%であった。

3. 結果

3.1 スケール上の動き

写真1は録画した実験中のビデオキャプチャー画像の一部である。鏡面にのこぎりの目印点とレーザー発光点がスケール上に投光点が映し出されている。

図2は被験者3名ののこぎりびき1往復のスケール上でのレーザー投光点の動きと、その時ののこぎりが理想的な動きをしたと仮定した場合のレーザー投光点の動きを表したものである。

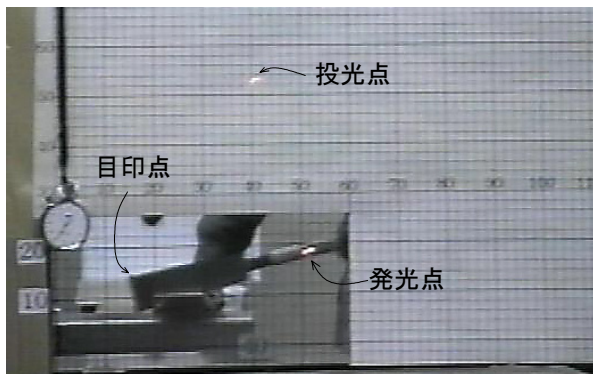


写真 1. ビデオキャプチャー画像例

被験者 A は引き、戻りとも理想点から大きくずれており、被験者 B は A に比べてズレは小さいが肝心の引きの動作のズレが大きい。中級技能者 C は他の2名とは異なり引きの動作が理想点と近い動きになっている。また、理想点の動き（のこぎり1往復のストローク）も大きいことが解る。

図3は理想的なレーザー投光点に対し、のこぎりびきによる投光点がどれだけ角度ズレているのかを示す。投光点のズレについては、けがき線より懐側へひく場合「この柄の斜行角」(Φ_1)を(+)とし、体から離れる側にひく場合(-)とした。また、「この柄の傾き角」(Φ_2)は母材側に傾く場合(+)とし、外側に傾く場合(-)とした。

図4に斜行角および傾き角の求め方を示す。予め実験前にのこぎりをけがき線に平行でかつ、ひき材面に垂直な状態にし、鏡に映ったレーザー発光点と目印点およびスケール上の投光点(理想点)をビデオ

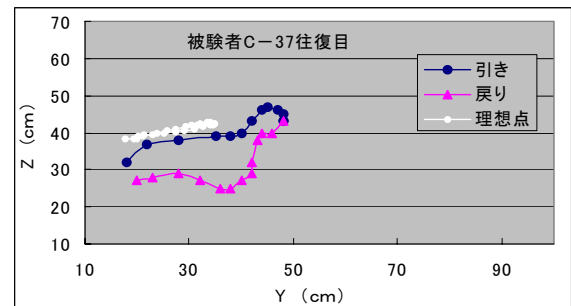
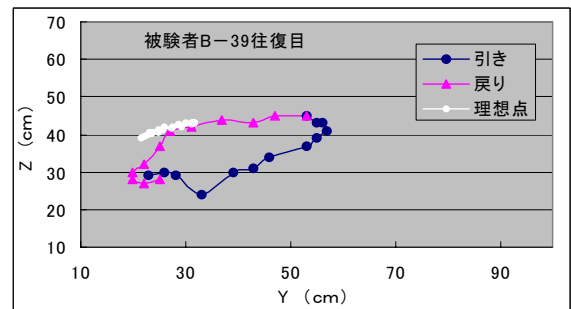
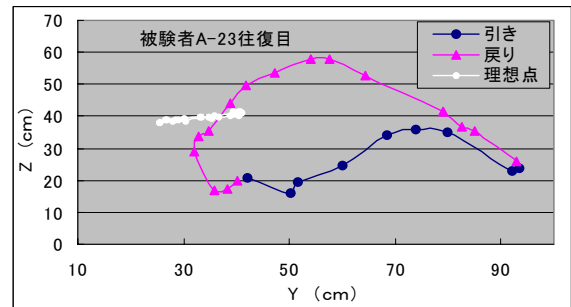


図 2. レーザー投光点と理想点の動き

カメラに録画し、そのスケール上の座標を読み取り位置関係を求めた(発光点および目印点2点より一意的に投光点(理想点)が決まる)。それにより実際にのこぎりびきをして得たキャプチャー画像の、のこぎりの発光点と目印点を測定すれば理想点を求めることが出来る。縮尺された理想点および投光点座標を元の値に変換して、理想点とのズレを発光点からのY軸方向の角(Φ_1)とZ軸方向の角(Φ_2)としてそれぞれ求めた。

3.2 角度のバラツキについて

被験者の違いによる引き・戻りにおける、斜行角と傾き角の理想点に対する角度のズレのバラツキについては以下のとおりである(図5参照)。

被験者Aの引き：斜行角 Φ_1 は殆どが(+)側で、傾き角 Φ_2 は(-)側になっていてどちらも値が大きい。(平均値： $\Phi_1=7.6$, $\Phi_2=-3.4$)

被験者Aの戻り：引きよりも Φ_1 , Φ_2 の値が中心に集まっている。(平均値： 3.1 , -1.1)

被験者Bの引き： Φ_1 が(+)側にあり Φ_2 には一部で大きな値を示しているが、被験者Aよりもまと

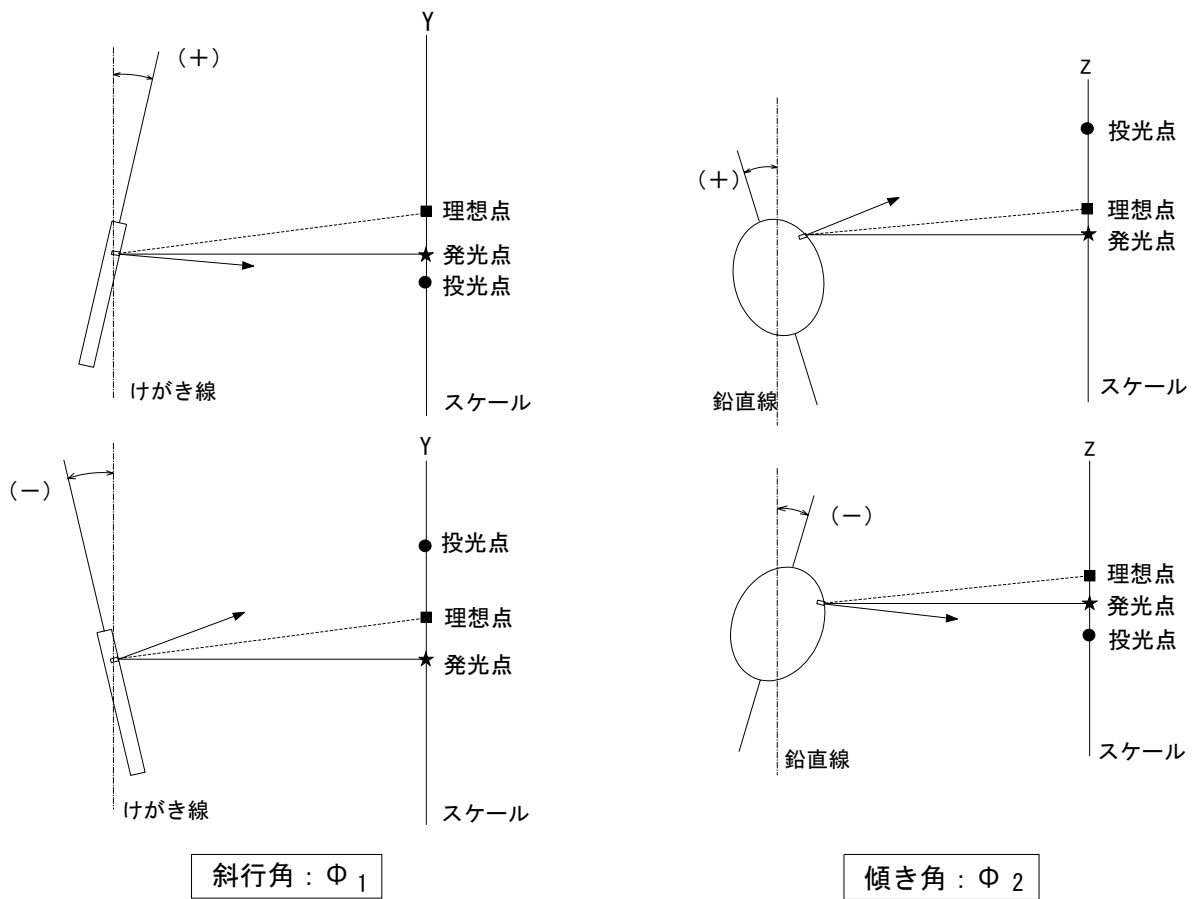


図 3. 斜行角と傾き角

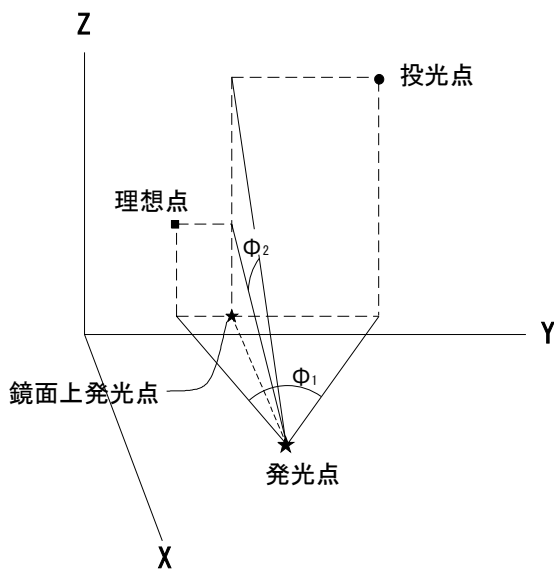


図 4. 計測図

まりがある。(平均値 : 6.2, -1.7)

被験者Bの戻り : 引きよりも Φ_1 が中心に集まっている。 Φ_2 は多少中心よりである。(平均値 : 4.1, -1.1)

被験者Cの引き : Φ_1 が (+) 側であるが全体のズレは少なくまとまっている。(平均値 : 2.0, 0.4)

被験者Cの戻り : Φ_1 は引きと同様だが Φ_2 が少し (-) 側に偏っている。(平均値 : 2.4, -1.8)

未熟練者AおよびBと中級技能者Cの比較では、未熟練者は明らかに Φ_1 および Φ_2 のバラツキが大きく値も大きい。特に Φ_1 の値が (+) 側で極めて大きいことが分る。これは木材を切る事への意識が働き過ぎていてどうしても力を入れ、自分の体の方へ引きがちになってしまうことによると考えられる。その結果、斜行角 Φ_1 が (+) 側での大きな値を示すことになる。

3.3 角度変化について

実験中の被験者ごとの引きと戻りの角度変化 (斜行角と傾き角) については以下のとおりである(図6参照)。

被験者Aの引き : 実験の開始頃は Φ_1 および Φ_2 どちらも極めて大きな値とズレ幅だが、 Φ_2 はすぐに一定のズレ幅を示し Φ_1 は終わり頃に値が小さくなっている。

被験者Aの戻り : 実験の始めは Φ_1 、 Φ_2 とも大きな値とズレ幅だが暫くすると値は小さくなっている。

被験者Bの引き : Φ_2 が突発的に変化する傾向にあるが被験者Aよりも小さい値でズレ幅も小さい。

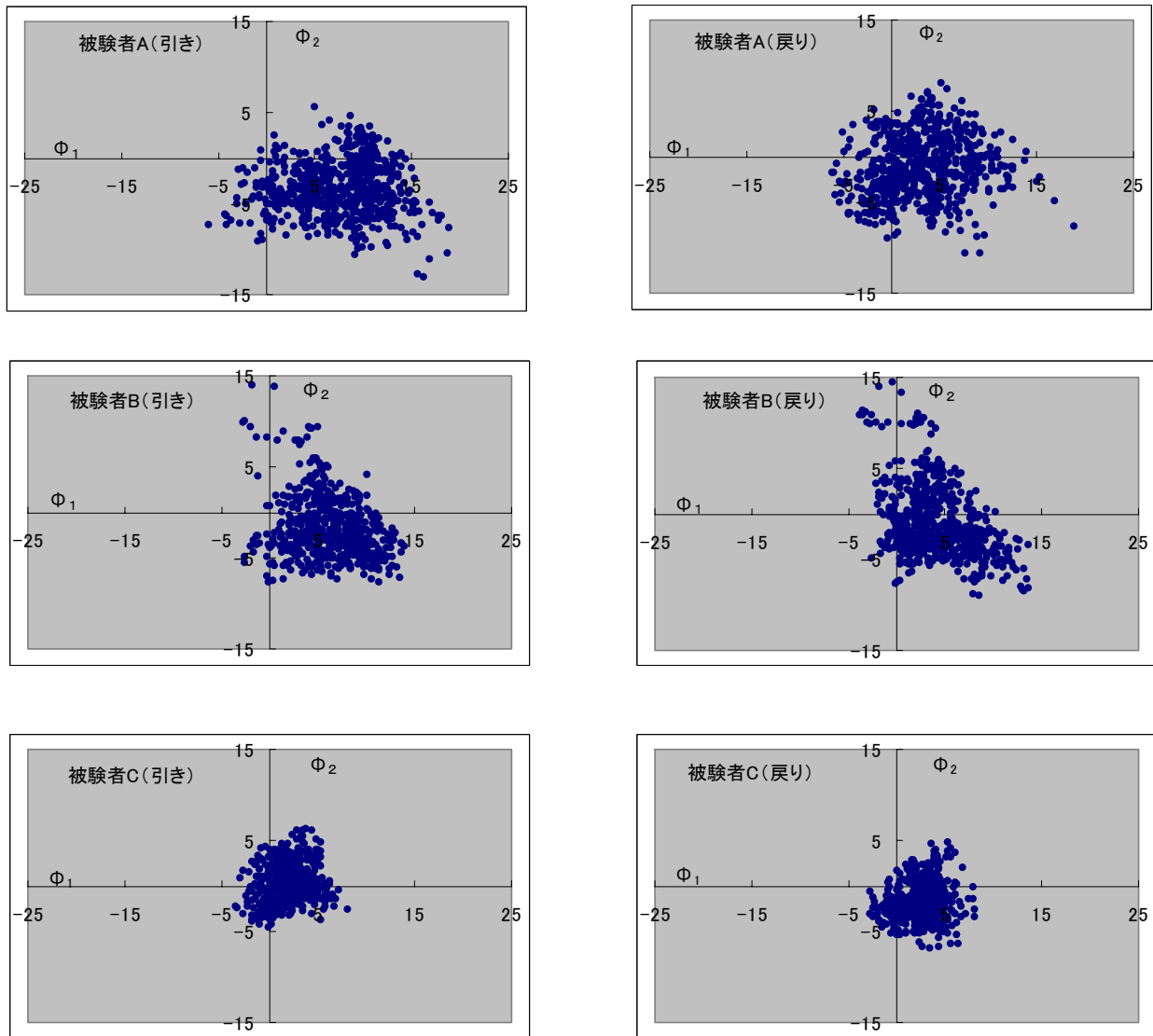


図 5. 斜行角と傾き角のバラツキ

被験者Bの戻り：引きと同じ時に大きな変化が現れる。

被験者Cの引き： Φ_1 、 Φ_2 の値とズレ幅が小さく一定であるが、他の被験者同様 Φ_1 が(+)側になっている。

被験者Cの戻り： Φ_1 は引きと同程度である。 Φ_2 は引きよりも(-)側になっている。

未熟練者AおよびBと中級技能者Cの比較では、未熟練者は実験の始めに大きなズレが起こっているが、中級技能者は扱いなれているのかズレの幅が小さく一定している。のこぎりびき作業には綺麗な断面を作ることも重要なので、安定した動作が求められる。

3.4 角度変化の詳細について

被験者の違いによる8～10往復分の斜行角と傾き角の変化の詳細と関係については以下のとおりで

ある。なお、これらの図はのこぎりびき往復50回中比較的安定した状態と思われる33～44回前後のもので、横軸の800～1000はキャプチャー画像枚数を表している(図7参照)。

被験者A： Φ_1 は規則的な変化だが Φ_2 は小刻みに変動している。 Φ_1 と Φ_2 の関連性については1往復あたり Φ_2 の最大値が Φ_1 の最大値の後に現れている。

被験者B：1往復あたり Φ_1 および Φ_2 の最大値が同じか Φ_2 が遅れて現れている。

被験者C：1往復あたり Φ_2 の最大値が Φ_1 がよりも先に現れている。 Φ_2 は Φ_1 と比べ規則的に変化している。

未熟練者AおよびBと中級技能者Cの比較では、A、Bは Φ_1 がはっきりとした山型をしているがCは不明瞭な山型である。 Φ_2 は3名とも山型であるがCがはっきりとしている。また、1往復あたりCだけが Φ_2 の最大値が Φ_1 の最大値より前に現れている。

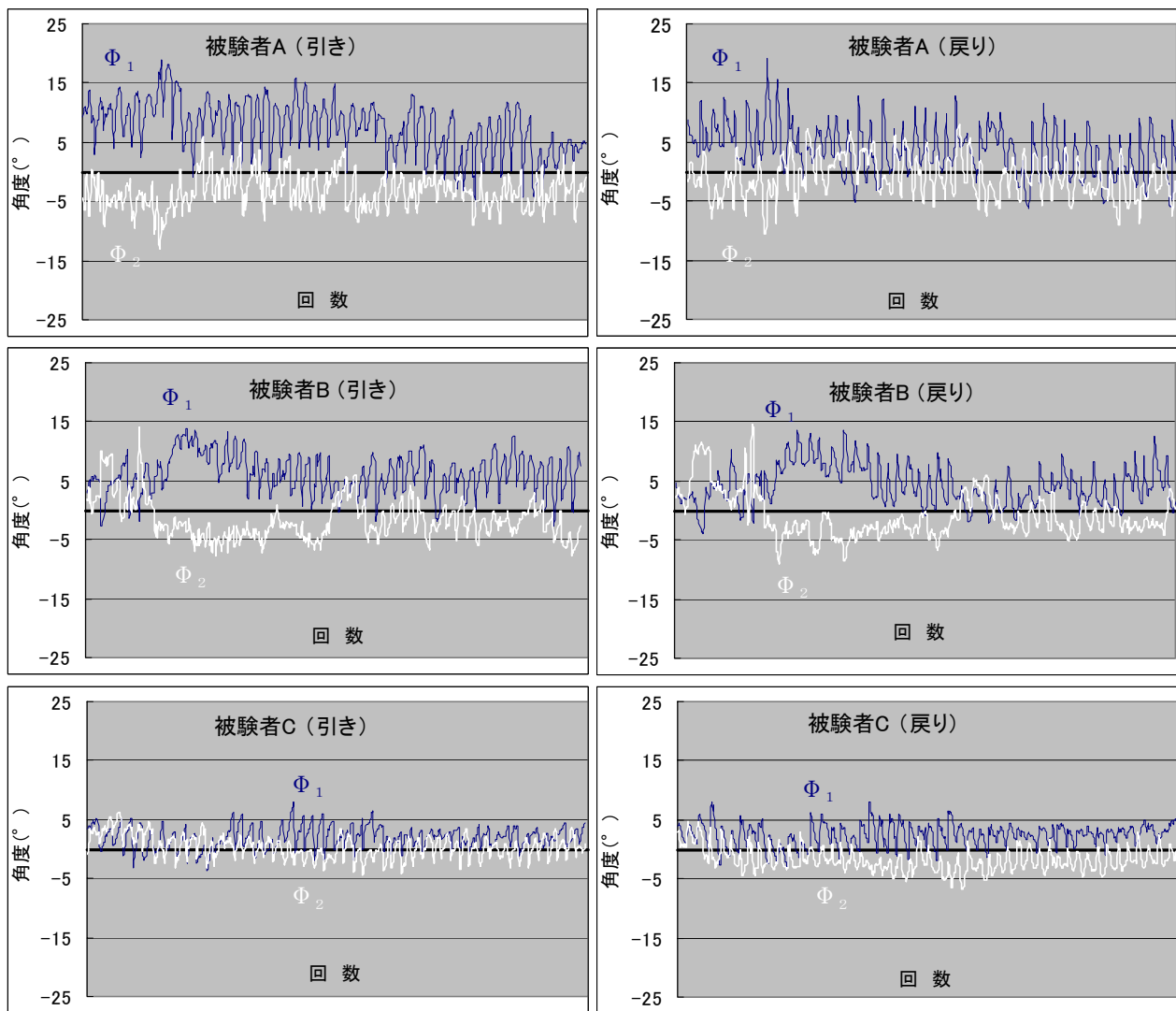


図 6. 斜行角と傾き角の変化

4. 考察

ものを切る動作は①刃物を握り、②対象物を押えつけながら、③引き切る（押切る）ことである。

①の刃物を握る時は、ゴルフではクラブを握るとき小指・薬指・人差指でしっかり握ると力が入りやすいと言われる。その様な力の入れ方でのこぎりを握り、力を入れ引く時にはどうしても手の甲が下を向く。これは傾き角 Φ_2 が（-）側に向かう事を示している。その結果、 Φ_2 が減少する時にはしっかり握り、増加のときは力を緩めていることを表していると考えられる。

未熟練者は切り始めからのこぎりを握り締めすぎ、のこぎり本来の刃先の切れを生かしきれていない。のこぎりの歯1枚1枚が確実に対象物を切っていく事が必要だが、力を入れすぎると対象物の上を滑らせてしまい、引っ掛かりの無いのこぎりびきになってしまう。中級技能者の引き始めは力を緩め、確実に供試材を捉えながら引く動作をし、引きの中間当たりで握る力を入れ、戻し終わる前に力を抜くサイクルが出来ていると考えられる。

③の引き切る動作は本来単純な往復運動であるが、人間の癖としてものを引く時には自分の重心を中心に引いてしまう。そこで力を込めてのこぎりを引く時には体の側に持って来てしまう。その結果、 Φ_1 が減少する時は引くときに現れ、増加の時は戻す動作となって現れると考えられる。

5. まとめ

今回は安価で簡易な装置での実験であったが、被験者ごとの特徴のあるのこぎりびき動作中の手の動きが捉えられた。また、未熟練者と中級技能者の力を入れるタイミングの違いが分り、この力の入れ方がのこぎりびきの精度に影響を与えているのではないかと考えられる。

謝辞

本報告書を作成するにあたりご指導、御助言をいただいた農林工学系栃木紀郎助教授に深く感謝いたします。

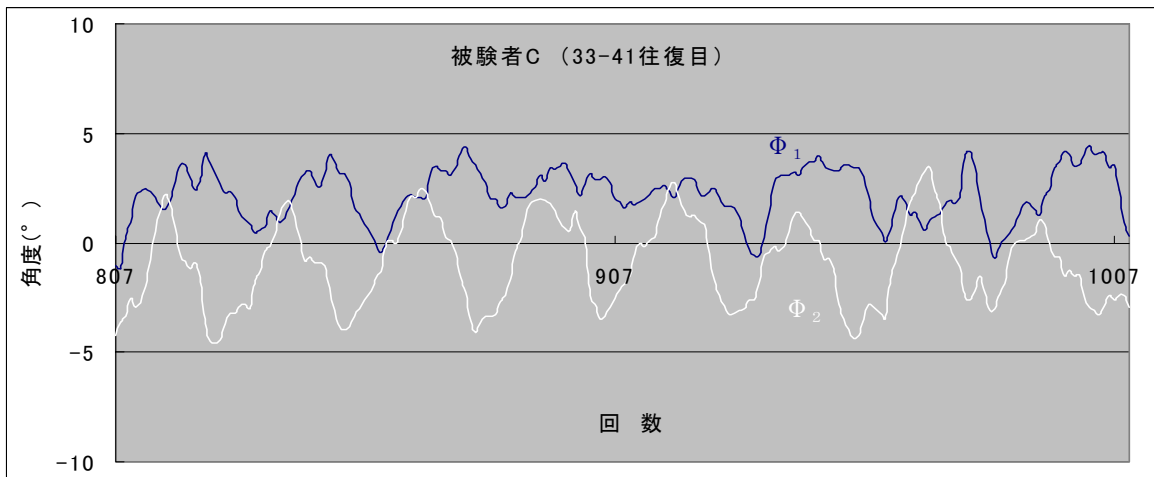
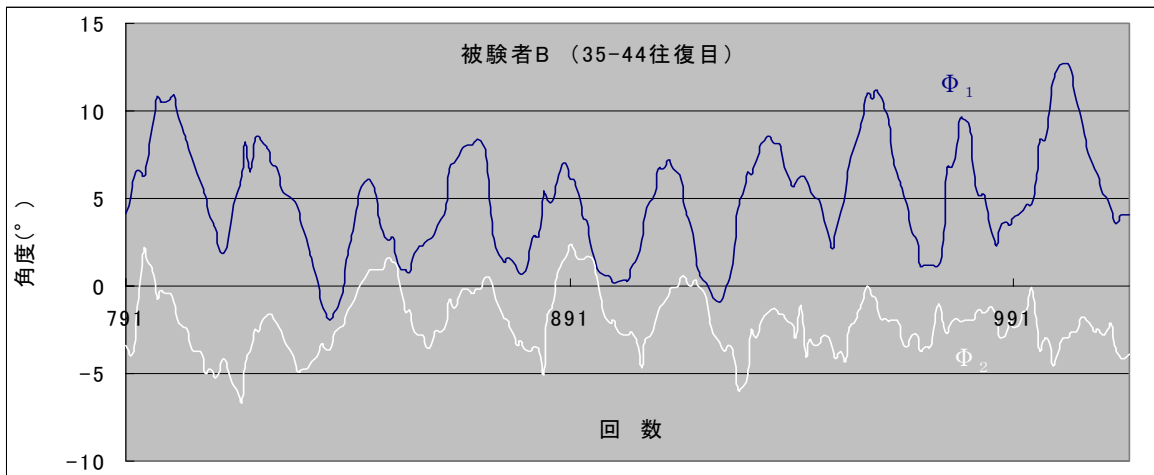
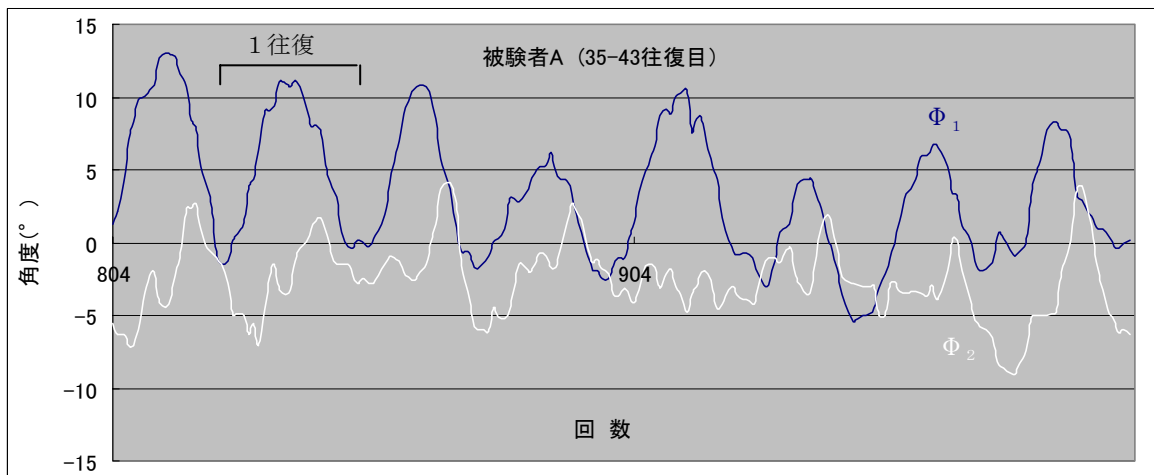


図 7. 斜行角と傾き角変化の詳細