

苫小牧工業高等専門学校 ○ 野口 勉, 奥山 徳宏

要 旨

靴底防滑材の配置設計システムの構築をめざす中で、個々の学生に対し、床反力計、圧力測定装置、加速度計など主要機器に関わる個別のテーマを設定し調査研究を個別指導し、年度末の7~10日間に各学生の能力を統合して、被験者に最適な防滑靴底を製作している。

1. はじめに

札幌市においては、1992年のスパイクタイヤの使用規制と機を一にして、歩行者が凍結路面で滑り、転倒して怪我をする事故が増加し、以後引き続き増加している。この状況に対して転倒につながる滑りを防止するための取組みを、苫小牧工業高等専門学校機械工学科第5学年の卒業研究に位置づけてきた。本報ではその事例報告を行う。

2. 卒業研究の概要

担当者や配属学生により異なるが、ここ数年の卒業研究の概要は表1に示したとおりである。4月中旬に配属され、各学生にテーマを与えて、3月初旬までの約11ヶ月、試験年4回の22日間を除くと10ヶ月間の中で行われている。約10年前からNo.9の発表を課しており、申込締切がNo.3のとおり12月初旬と早いため、各学生ごとの発表になる。一方No.5,8については、幾つかのテーマを統合して発表している。

表1 卒業研究に関わるおもな予定

	時期	事 項
1	4月中	研究テーマ案の提示, 配属決定(学生4名)
2	5月初	各学生の研究テーマの決定
3	12月初	某学会学生会卒研発表【学会】の申込締切
4	1月下	学会の原稿締切
5	2月下	高専機械工学科卒研発表会【学内発表会】
6	同	〔学生寮居室の退去〕
7	同	高専卒研発表会【学外発表会】の原稿締切
8	3月初	【学外発表会】〔苫小牧市内〕
9	同	【学会】〔札幌か室蘭〕

3. 卒業研究の個別テーマによる成果

利用している主な機器類としては、歩行荷重を測る床反力計、足底圧力を測る圧力測定装置、歩行加速度を測る加速度計などであるが、それぞれの機器について個別のテーマから得られた主な成果を列記すると次のとおりである。

(1) 床反力計 (Kistler 社製)

- ・平滑面直進の通常歩行と凍結路歩行の差違
- ・傾斜面, 曲り角, 階段歩行の滑り易さ
- ・転倒につながる滑り
- ・平均的床反力を求める Excel プログラム
- ・滑り危険度の定義
- ・上体動作の影響

(2) 圧力分布計 (Nitta 社製)

- ・圧力分布平均化の必要性
- ・平均的圧力分布を求めるプログラム作成
- ・足底圧の試行差と個人差

(3) 加速度計 (Dytran 社製)

- ・足部加速度波形による滑りの判定, 判別
- ・腰部進行方向加速度による滑りの判定, 判別
- ・周波数分析法による防滑効果の評価
- ・三次元加速度による評価の可能性

(4) その他

- ・靴底摩擦係数の簡易測定器の試作
- ・摩擦測定標準機と簡易測定法の比較
- ・有限要素法による靴底面の滑りの再現

4. 力学計測に基づく靴底防滑材の配置設計システム

歩行時の床反力, 靴底の圧力分布の測定から、防滑材の配置を決定することで、より効果的な防滑対策を成し得ると考え、そしてその防滑性能を歩行加速度などから総合的に評価することで自己完結的なシステムの構築をめざしてきた。それを、この数年、卒業研究の終盤1週間から10日の間で実施してきた。

4.1 滑り易い時期の特定 (床反力計)

120step/minの歩調の歩行時に地面から足にかかる力を床反力とし、その直交三分力を3回測定する。前後方向分力 F_x と左右方向分力 F_y の合力を水平方向分力 F_h とし、垂直方向分力 F_z に対する比を接線力比 s として表す。この s は滑り易さを表し、路面との摩擦係数を超えたときに滑りが起こると想定し、滑り易い時期を特定する。

4.2 防滑材配置位置の特定 (圧力分布測定装置)

被験者が圧力シートを踏み込み、踵接地から爪先離れまでの圧力分布を測定した。1試行において、踵接地から爪先離れまでを100%とし、瞬間圧力のデータを取り出して同時間ごとに平均化する。このデータから、床反力により滑り易い時期の瞬間圧力分布データを重ね合わせる。その後、ある基準圧力より高圧部には氷に、また低圧部には雪に有効な防滑材を貼り付けることとした。

4.3 防滑底の評価 (加速度計)

試作した防滑靴を氷上歩行路で試し履き官能検査、摩擦係数測定、および腰部加速度測定により評価した。

また、比較のため用いた8足の靴の特徴は、呼び番号01は平滑な硬いゴム、02, 06はガラス繊維配合、07はケイ砂配合、23, 25はウエット面で効果のあるゴム、1Aはア

イスウェットセンサゴムスパイク,13s は踵ワンタッチスパイクである。

(1) 試し履き官能検査

水上を歩行した時の滑り易さを「全然滑らない：5」, 「非常に滑る：1」として5段階で評価した。

(2) 摩擦係数の測定

アルミニウム製足型にウェイトを載せた負荷系(総重量 $P=600N$ 程度), 足型を前方向に引張る為の駆動系, ロードセルとアンプからなる測定系で構成される摩擦係数測定装置を用いた。総重量 P を加えた状態で静摩擦係数 μ を求めるには負荷系を引張り, 滑り出しの引張力 F を測定し, 次式により摩擦係数 μ を算出した。

$$F = \mu P \quad (1)$$

μ : 静摩擦係数, P : 垂直荷重 N

(3) 腰部加速度測定

加速度センサを腰部に取り付け, サンプル周期 $10ms$ にて記録した。測定は $4m$ の水上歩行路に水をまき, 滑り易くし, 歩調を $120step/min$ に合わせて通常歩行した。また, 評価の方法は, 廊下を通常歩行した時の腰部加速度波形と水上歩行において踵接地直後にその足が前方に滑った時の腰部加速度波形をスペクトル解析し, 主成分の加速度成分比の大小で比較することにした。

4.4 試作靴と評価

前項 4.1, 4.2 を基に氷に有効な防滑材として(株)月星化成のスペランTM, 雪に有効な防滑材として靴業者推薦のゴム製四角錘突起の防滑材を貼り付けた防滑靴を図1に示した。

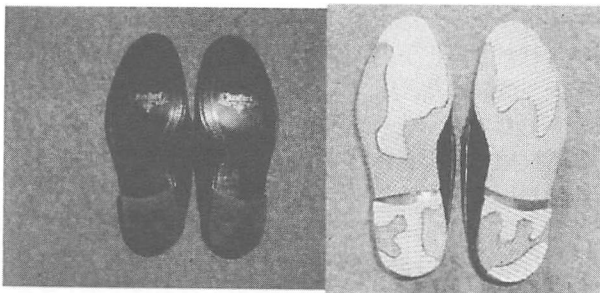


図1 測定に用いた靴(01)と製作した靴(99)

図2に主成分の加速度成分比と摩擦係数の関係を示す。両者の相関係数は 0.60 とかなり高い値となった。呼び番号 01 の平滑靴は主成分の加速度成分比 0.151 であったが, 防滑加工を行なった防滑靴は成分比 0.235 と, 摩擦係数については 0.08 から 0.28 へ改善された。

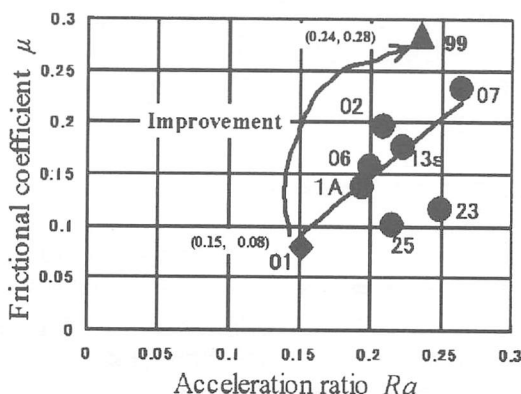


図2 主成分の加速度成分比と摩擦係数の関係

5. まとめにかえて

5.1 テーマ

具体例として2000年度に配属されてた4名の学生が実施したテーマを示すと次のとおりである。

個別テーマ(学会テーマ)

- ・凍結路歩行時の防滑に関する研究(荷物の所持が滑りに与える影響) (T君)
- ・靴底の防滑材の配置に関する研究 (I君)
- ・腰部加速度成分を用いた靴底防滑材の評価 (O君)
- ・摩擦係数測定装置の試作と測定 (M君)

学内テーマ

- ・防滑材の配置位置決定法 (I,T君)
- ・防滑靴の性能評価 (O,M君)

学外テーマ

- ・冬用防滑靴の製作と防滑効果の評価 【全員】

5.2 日程

上記テーマを実施するのに, 年度末予定(打合せ資料)から, 卒業研究の動きを示すと以下のとおりであった。靴作りに関するものには★印を附してある。

日付	内容
2/12	【学会】原稿締切 (各自でA4版2枚)
13	
14	学内, 学外発表に向けた打合せ
15	★床反力測定 (T君)
16	★圧力分布測定 (I君)
17	入試業務のため登校不可
18	入試業務のため登校不可
19	
20	【学内発表会】(2テーマ)
21	★防滑材型取 (I君)、学外発表原稿準備 (全員)
22	卒研概要集準備 (各自)、★防滑材貼付 (業者)
23	★作成靴の防滑効果測定 (O,M君)
24	休み
25	学外発表原稿・PP準備 (全員)
26	★【学外発表会】原稿締切 (4名共同A4版2枚)
27	
28	卒研概要集 原稿締切 (各自A4版1枚)
3/1	
2	ポスタ原稿完成・拡大複写 (I,O,M君)
3	ポスタ発表・口頭発表用PP完了 (各自)
4	【学会】発表講演会(道工大)
5	学外発表準備完了 (全員)
6	★【学外発表会】
7	卒業論文まとめ
8	卒業論文執筆まとめ
9	卒業論文および関連資料提出締切、後始末

5.3 学生の状況

年度当初から節目に予告はしていたが2月12日まで個別に自分のベースで研究していた者が, 共同して靴作りを, また発表も二人共同, 全員共同を指示され, 実施するにあたって各自戸惑っており, 綱渡りのような仕事に, 肉体的にも精神的にも負荷は大きい。しかし, 各自が行ってきた卒業研究の内容, 位置づけに対する認識が深まったようである。また, 統合することで自己完結的なシステムが構築でき, かつ実際の靴底ができることにももの作りの面白さと深さを感じ取っていたと考える。