

環境活動における加速度計を用いた行動特性分析及び安全性評価分析

千葉工業大学 学生会員 ○菅原 健太

千葉工業大学 フェロー 五明 美智男

1.はじめに

環境活動は現在、教育機関からNPO法人、一般まで幅広く行われている。その中で様々な人々が参加することが可能である。しかし、環境活動時には怪我等のリスクを伴う。環境活動は安全に行えることが必須条件であると考ええる。そのため、安全性を評価することが必要である。本研究では、作業者の身体的負荷を合成加速度で数値化し、日常生活活動と環境活動における行動特性の比較を行うことで相対的に安全性を評価することを目的とした。

2.環境活動の安全性の現状

現在、環境活動は研究、環境保全、教育現場、レジャーまで幅広い目的で老若男女様々な人々が参加している。しかし、環境活動時には、怪我等のアクシデントはつきものとされているが、環境活動においての安全性は数値として示されていない。先行研究として、萩島・五明（2013）の環境活動・調査時の行動特性と身体的負荷による安全性分析¹⁾では、加速度の特徴や運動の比較を行っている。また、加速度計は現在では広く普及しているスマートフォン等にも搭載されているため、一般の参加者でも簡易的に安全性の評価を行うことが可能である。

3. 研究方法

3. 1 調査方法

本研究では3軸加速度計HOBOを用いて合成加速度の計測を行い映像、音声の記録も行った。加速度計は、静止状態において1Gの合成加速度が記録される。また、計測時のサンプリング周波数を増やす場合計測可能時間は短くなり、作業時間に応じてサンプリング間隔を4Hz、10Hzで計測を行った。加速度計は被験者の腰部に固定した。環境活動における安全性を評価するため、日常生活活動時の計測結果と比較を行った。日常生活活動として走行、スクワット運動、階段昇降の3種、環境活動として河川生物採集、潮干狩り、棚田オーナー活動、竹林整備の4種である。

4. 結果及び考察

4. 1 日常生活活動

日常生活活動時の計測は本学千葉工業大学研究棟にて行った。日常生活活動の計測として走行、スクワット、階段昇降を行った。

図1は走行時の合成加速度を示している。走行時の合成加速度は最大で3.5Gを記録した。走行の前後では、静止状態だったため、1Gを記録した。走行中は連続的な行動が行われているため、連続的に負荷の掛かる行動となっている。

続いて男性2名のスクワット運動を対象に記録を行った。スクワット運動は30秒のインターバルを設け、しゃがむ、立ち上がる動作を交互に繰り返した。図2はスクワット運動時の合成加速を示し、動作時の合成加

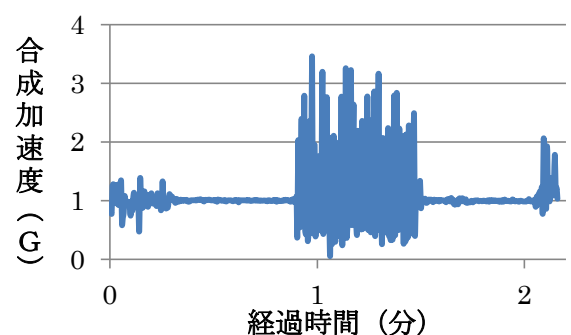


図.1 走行時の合成加速度

キーワード 三軸加速度計、環境活動、安全性

連絡先 〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 (千葉工業大学 生命環境科学科) TEL. 03-3358-6620

E-mail: michio.gomyo@it-chiba.ac.jp

速度は最大で 1.8G となった。波形は同期的な変動であり、インターバル時の 30 秒間は静止状態が記録されている。スクワット運動のしゃがむ、立ち上がる各動作の振幅の変動の差は小さいため、身体的負荷はほぼ等しいと考えられる。

最後に男性 8 名女性 2 名の階段昇降を対象に計測を行った。図.3 は階段昇降時の合成加速度を示す。下り時の合成加速度は上り時より大きく、合成加速度は最大で下り作業時 2.2G、上り作業時 1.7G を記録した。昇降作業間では、休憩を取っているため 1G を記録した。下り時と上り時を比較すると下り時の合成加速度は上り作業時より大きく、身体的負荷は多くかかっていると考えられる。

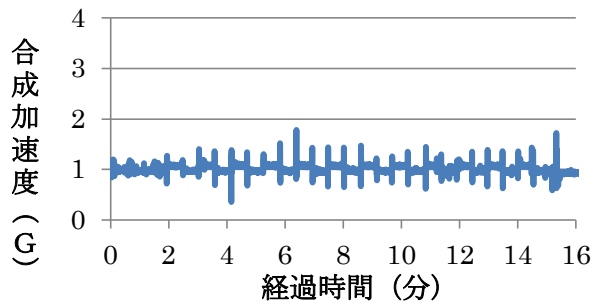


図.2 スクワット運動時の合成加速度

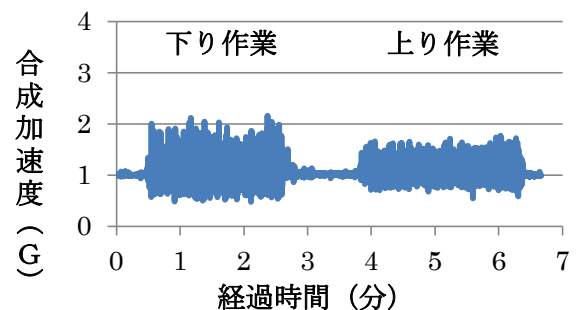


図.3 階段昇降時の合成加速度

4. 2 環境活動

4. 2. 1 河川生物採集

千葉県市原市今津川、上前川にて、男性 3 名によるタモ網を用いた河川生物採集を対象に計測を行った。図.4 は今津川における河川生物採集時の合成加速度を示し、合成加速度は最大で 3.1G を記録した。今津川での足場が水中であり、作業中は蛇籠の上を飛び移るような移動手段が主であり、その際に最大値が記録されたため、移動の際の身体的負荷は大きいものと考えられる。

次に上前川での合成加速度を図.5 に示す。上前川では今津川同様に足場は水中であったが蛇籠は無く、ぬかるみが多い。合成加速度は全体を通して小さくなった。今津川、上前川と共通してタモ網を振るう行動からは大きな合成加速度は記録されなかった。河川生物採集時は移動手段により身体的負荷は変動すると思われる。

4. 2. 2 潮干狩り

千葉県市川市妙典江戸川放水路にて、男性 6 名による潮干狩り作業を対象に計測を行った。図.6 は潮干狩り時の合成加速度を示し、合成加速度は最大で 1.5G を記録した。潮干狩り作業は移動を除く動作は中腰、しゃがんだ体勢で行われていた。潮干狩り作業時は移動、しゃがむ、立ち上がり時の合成加速度が大きく記録されたため、日常生活活動時に比べ身体的負荷は少ないと考えられる。

4. 2. 3 棚田オーナー活動

千葉県鴨川市大山千枚田にて、草刈り、稲刈りの 3 名を対象に計測を行った。図.7 は草刈り時の合成加速度を示し、図.8 には稲刈り時の合成加速度を示す。草刈り作業時の合成加速度は最大で 2.8G が記録された。稲

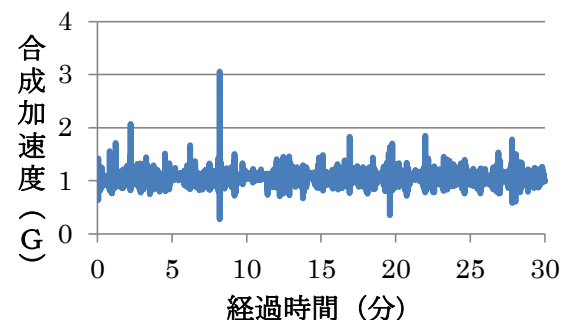


図.4 今津川での河川生物採集時の合成加速度

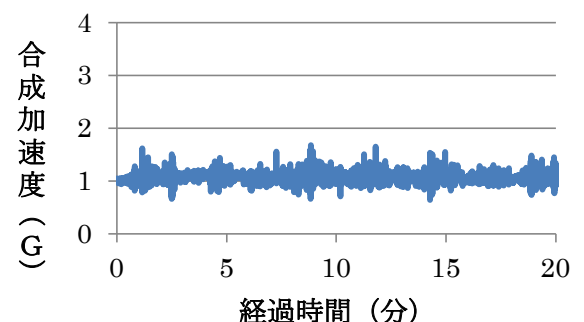


図.5 上前川での河川生物採集時の合成加速度

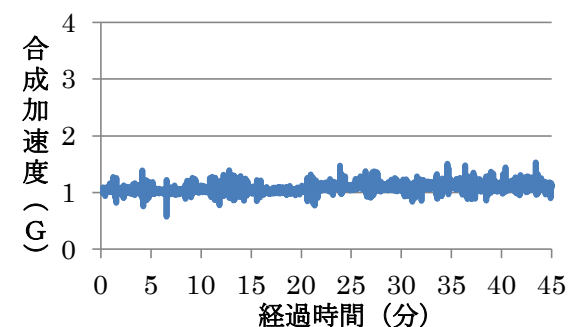


図.6 潮干狩り時の合成加速度

刈り作業時の合成加速度は最大で 2.2G が記録された。①～②は平地での作業、②～③、④～⑤は斜面での作業、③～④は休憩時の合成加速度である。草刈り、稲刈り作業は共に中腰、しゃがんだ姿勢で鎌を使用して行われていた。稲刈り作業時は、田んぼの中とうねでの作業に分かれていた。図.8 の中で比較的大きな 2G 以上の合成加速度が記録されている行動はうねでの移動時等である。田の中では水が張られており、稲を刈る作業中は移動が少なかったため、大きな合成加速度は記録されなかったと考えられる。作業時の足場環境は合成加速度の変動の要因であると考えられる。

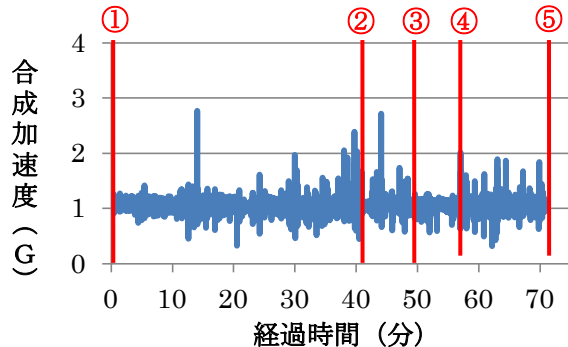


図.7 草刈り作業時の合成加速度

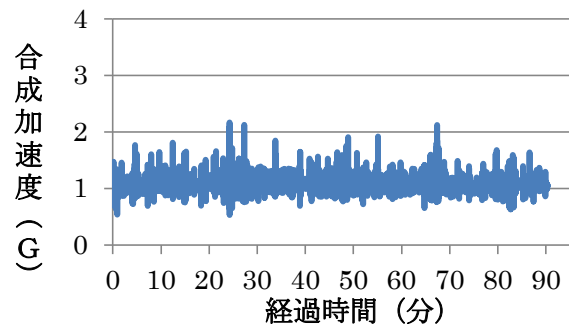


図.8 稲刈り時の合成加速度

4. 2. 4 竹林整備

千葉県長生郡長南町坂本の竹林にて竹林整備作業時の男性 2 名を対象に計測を行った。竹林整備時の合成加速度を図.9 に示す。合成加速度は最大で 3.5G が記録された。作業場所の足場環境は凹凸、斜面が多く不安定であったため、作業中は体勢を崩す場面が見られた。その際に合成加速度の振幅は大きく変動した。また、急な斜面の上り下り時にも振幅は大きく変動したことから、足場環境の不安定な状況では、身体的負荷は大きいと考えられる。

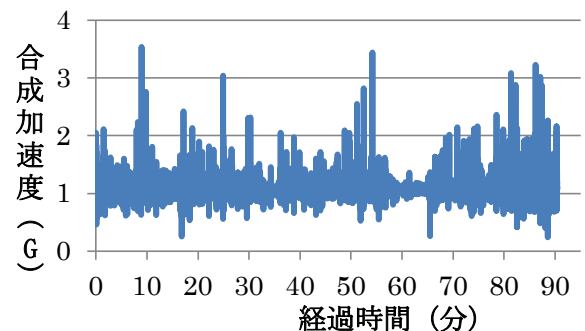


図.9 竹林整備時の合成加速度

5. 環境活動における安全性評価

上記で示した合成加速度に対して F F T スペクトル解析を行った。

まず、図.10 に日常生活活動時のパワースペクトルを示す。スクワット運動時のパワースペクトルは 0.01 の大きさより、振幅範囲は狭い。しかし、走行時全体的にパワースペクトルは大きく約 1.5Hz でピークを示した。スクワット運動時は静止している状態が大半を占め、振幅の変動は小さいため、作業時の移動が身体的負荷に影響を及ぼす要因になると考えられる。

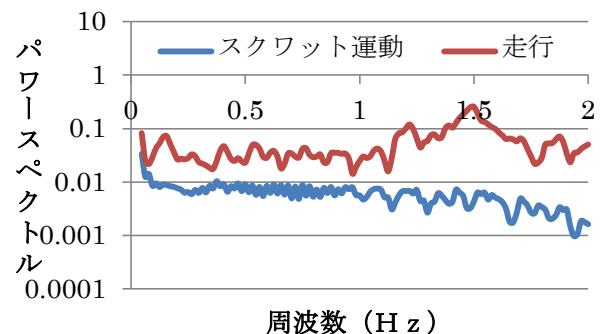


図.10 日常生活活動時のパワースペクトル

次に、環境活動時のパワースペクトルを図.11 に示す。また、図.12 は河川生物採集時のパワースペクトルを示し、潮干狩り、草刈り（平地）を除く作業はパワースペクトル約 0.01 を示したのに対し、潮干狩りのパワースペクトルは全体的に小さく、草刈り（平地）では 0.5Hz 付近で小さくなっている。潮干狩り、草刈り（平地）は共通して、しゃがんだ姿勢での作業が多かった、それに対し、その他

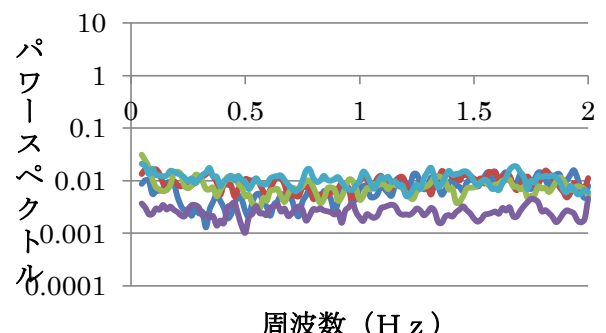


図.11 環境活動時のパワースペクトル

の作業は中腰、立ち上がった姿勢で行われていたため、作業時の姿勢は身体的負荷に影響を及ぼす要因になると考えられる。

次に、図.13,14 に階段昇降時の移動手段別パワースペクトルを示す。階段昇降時下り時のパワースペクトルは移動手段に関わらず振幅範囲は狭い。しかし、階段昇降上り時のパワースペクトルの振幅範囲は広く、走行時のパワースペクトルは歩行、一段飛ばしに比べ大きいため、走行による階段昇降上り時にエネルギーは大きいと考えられる。しかし、合成加速度においては下り時の値が大きく記録されており、合成加速度のみで安全性の評価を行うことは困難と考えられる。

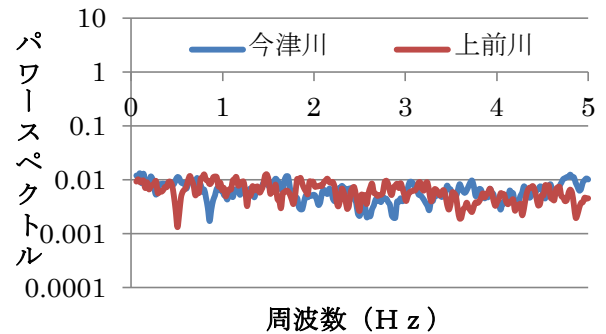


図.12 河川生物採集時の合成加速度

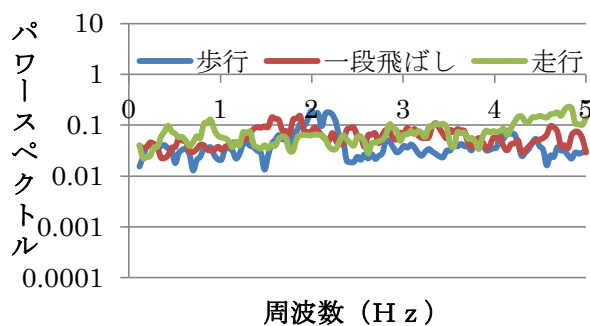


図.13 階段昇降下り

移動手段別パワースペクトル

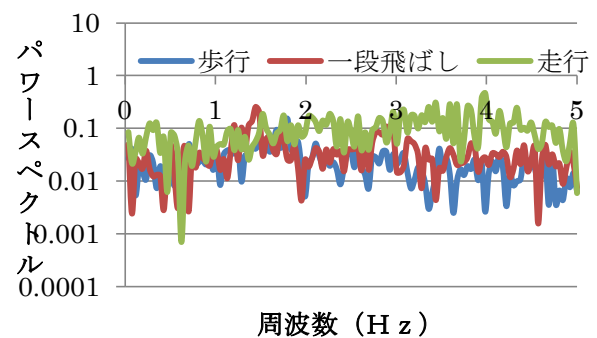


図.14 階段昇降上り

移動手段別パワースペクトル

6. まとめ

日常生活活動、環境活動共に移動時に身体的負荷がかかると考えられるが、環境活動時の足場環境は日常生活活動時とは異なる。日常生活活動時の合成加速度は行った行動に対応して測定されているのに対し、環境活動時は不規則に振幅しており、大きな合成加速度を記録がされている場面は、移動、作業時の予期出来ない転倒や体勢を崩した際に多く見られた。これらは、環境活動時のような不安定な足場環境での作業によるものだと考えられる。また、今回行った環境活動の作業毎のパワースペクトルに大きな変化は見られないが、大小に差が見られる作業があり、作業時の姿勢によるものであると考えられる。

以上のことから、環境活動時における安全性は不安定な足場での作業と作業時の姿勢に関係していると考えられる。

参考文献

- 1) 萩島博・五明美智男：環境活動・調査時の行動特性と身体的負荷による安全性分析,土木学会関東支部技術研究発表会,長岡大学 (2014,3)
- 2) 倉沢央,川原圭博,森川博之,青山友紀:センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法,情報処理学会研究報告. UBI, 2006(54), 15-22, 2006-05-23 (2006)
- 3) D.E Newland : 不規則振動とスペクトル解析 (1991) オーム社