

ファジィ推論を用いた夏季の運動をサポートする 水分補給量導出アプリケーションの開発

岩崎武史[†] 小椋宇謙[†] 柴田涼介[†] 三上智之[†] 皆月昭則[‡]

釧路公立大学[†] 釧路公立大学情報センター[‡]

1. はじめに

近年、熱中症の発症率が高まってきている。この背景には地球温暖化による猛暑日の増加などが考えられる[1][2]。熱中症を発症する大きな原因としては脱水による体温調整機能の低下が挙げられる。しかし、熱中症の予防を意識しすぎて水分を摂取しすぎると胃に水がたまって腹痛を起こしたり、低ナトリウム血症になったりすることがあり、運動のパフォーマンス低下や健康に悪影響を与える。

そのため、適切な量の水分補給が重要であるが、運動強度や運動をする環境によって必要な水分補給量は変わってくるので適量の判断は難しい。また、水分補給量の目安は様々な機関で示されているが、示されている水分補給量の幅が大きく最終的には個人の判断で決めざるを得ない。

本研究は、個人ごとの発汗量と環境に応じた水分補給量を推論演算する水分補給支援システムを開発して、熱中症を予防する。水分補給量の推論演算にはファジィ理論を利用した。推論アルゴリズムの前件部には熱中症の危険度を表すWBGT(Wet-bulb Globe Temperature)指数、喉の渇きなどの個人の感度情報を用いる。システムは可搬性を考慮しスマートフォンで活用できるようにした。検証は屋内、屋外スポーツで行い、それぞれ10人以上の被験者でシステムの有効性を評価した。

2. 運動中の水分補給問題

運動中に水分補給をすることの重要性は熱中症予防の観点からよく知られている。運動時には筋肉で熱生産が盛んになるため体温が上がる。この時、人体は体温を一定に保とうとするため汗を掻き、汗を蒸発させることで体温を下げる(蒸発性熱放散)。この時、失われた水分を補給しないと脱水に陥り、発汗による体温調節ができなくなる[3]。

しかし、運動中に水分をとり過ぎることの弊害はあまり知られていない。運動中に水分を摂取しすぎると胃に負担がかかり、横腹が痛むことがある。また血中のナトリウム濃度が下がることで低ナトリウム血症(水中毒)に陥ることがある。低ナトリウム血症の症状は目まいや頭痛、重篤な場合は脳浮腫を起こし死に至ることもある。

そのため、運動中には水分を過不足なく適量を摂取することが重要である。水分補給の目安として様々なスポーツ団体・学会が指標を出している[4]。

しかし、これらの指標で示されている水分補給量は幅が大きかったり、体重を計る必要があるなどするため、個人が自分の状態や環境に応じて正確な水分補給量を知ることは困難である。

$$\text{発汗量} = \text{運動前体重} - \text{運動後体重} + \text{飲水量}$$



図1. 運動前後の体重と水分

3. WSSS システム

本研究では運動をする個人の感覚と環境から運動時の適切な水分補給量を導出表示する『水分補給支援システム(WSSS: Water Supply Supported System)』を開発した。必要な情報(運動時間、体感情報、環境情報)を入力し時間当たりの適切な水分補給量を導出する。システムの利用者は導出された水分補給量を目安に水分補給を行う。

3.1 システム構成

『WSSS』はJava言語で開発をし、Android OSのスマートフォンで活用できるようにした。これにより可搬性に優れ、有用性の高いシステムとなった。

水分補給量の計算アルゴリズムにはファジィ理論を用いた[5]。これは水分補給量の個人差を計算に反映させるため口渇感と発汗量などの

A Development of Application for Quantity Water Supply
During Exercise Using Fuzzy Theory in Summer.

Takeshi Iwasaki[†] Takanori Ogura[†] Ryosuke Shibata[†]
Tomoyuki Mikami[†] Akinori Minaduki[‡]

[†] Kushiro Public University of Economic

[‡] Kushiro public University of Information Center

“曖昧さ”を扱うためである。ファジィアルゴリズムの前件部には口渴感と発汗量の主観的な数値の他に、環境に応じた客観的な数値を反映するために WBGT 指数を加えた。



図 2. WSSS 概要

3. 2 WBGT 指数

WBGT (Wet-blob Globe Temperature) 指数は暑さ指数とも言われ、人体の熱収支に関わる気温、湿度、輻射熱の 3 要素から算出され、湿球温度、黒球温度、乾球温度と定式①、②から計算される。[5]. 熱中症の患者数との相関が高く、運動時の水分補給との関連も示されている [6][7].

$$0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度} = \text{WBGT} \cdots \text{①室内}$$

$$0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度} = \text{WBGT} \cdots \text{②屋外}$$

3. 3 システムの利用手順

システムは運動の合間や休憩時間で利用する。システムの利用者は運動開始時にシステムを起動させ、運動を行い、休憩をする前にシステムを使い適切な水分補給量の目安を計測する。



図 3. WSSS 画面

システムの操作手順

- (1) 運動時間の入力
- (2) WBGT 指数の入力
- ※WBGT 予報から自動 (RSS) でも入力される
- (3) 口渴感と発汗量をスライドバーで入力
- (4) [飲水量の目安を計算]のボタンを押す
- (5) 飲水量の目安が表示される

4. 検証結果

検証はサッカーとユニホックで行い、運動前後の体重変化から判断した。2%以内の脱水が許容脱水量とされているが、運動時間を 1 時間と短く設定したため、1%以内の体重の減少を許容脱水量とした。

表 1. 検証結果

| スポーツ | 体重減少率平均 | |
|---------|---------|--------|
| | サッカー | ユニホック |
| 使用前 1 | -1.28% | -1.28% |
| 使用前 2 | +0.39% | +0.19% |
| WSSS 使用 | -0.23% | -0.39% |

5. おわりに

開発したシステム『WSSS』は Android マーケットで公開し、実際の熱中症予防とスポーツ支援として展開している。今後はシステムの改良とともに、システムの普及を通じて熱中症に対する事故防止の啓発活動に役立てたい。

・謝辞

検証に協力していただいた皆様に感謝申し上げます。

・参考文献

- [1] 独立行政法人 国立環境研究所 “環境儀 No32 (2009) ”
- [2] 環境省 “熱中症環境保健マニュアル 2009 (2009) ”
- [3] 財団法人 日本体育協会 “スポーツ活動時の熱中症予防ガイドブック (2006) ”
- [4] ランニング学会 “マラソンレース中の適切な水分補給について”
- [5] 中島信之, 武田英二 他 “ファジィ理論入門(1994) ”
- [6] 日本気象学会 “日常生活における熱中症予防指針 Ver1 () 2008”
- [7] 中井誠一, 芳田哲也 他 “運動時の発汗量と水分摂取量に及ぼす環境温度 (WBGT) の影響 (1994) ”