

## ファジィ推論を用いた夏季の運動中における 水分補給支援システムの開発

柴田 涼介<sup>†</sup> 岩崎 武史<sup>†</sup> 小椋 宇謙<sup>†</sup> 三上 智之<sup>†</sup> 川合 基弘<sup>†</sup> 皆月 昭則<sup>‡</sup>

釧路公立大学<sup>†</sup> 釧路公立大学 情報センター<sup>‡</sup>

### 1. はじめに

年々、夏季における熱中症の発症率が高まってきている[1].熱中症は熱射病や日射病の総称で、高温下での労働や運動により、発汗機能や循環機能に異常を起こす病気である.特に運動中の発症率は高く、毎年多くの発症者が出現し、死に至ることもある.

熱中症を発症する主な原因としては、体内の水分不足が引き起こす体温調整機能の異常が挙げられる.そして、熱中症に至るまでのプロセスは、運動中における適確な水分補給が出来ていないためである.すなわち、喉の渇きなどの気づきは個人差があるため、気づいたときには、体内の水分が大幅に不足している場合が多く、熱中症の危険性が非常に高くなる.

本研究は、熱中症を予防する水分補給システムの研究が少ないことを考慮に入れ、適切なタイミングで適確な水分補給を推論演算する水分補給支援システムを開発し、熱中症を予防する.水分補給の評価要素には、熱中症の危険度を表す WBGT(Wet-bulb Globe Temperature Index)指数、喉の渇きなど個人の感度情報を用いた.(以下:WBGT 指数を WBGT とする)

システムの開発には Java 言語を使用し、可搬性を考えスマートフォン(Android)で活用できるようにした.検証は屋内、屋外スポーツに分けて行い、それぞれ 10 人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への対処

一般に、1日に補給すべき必要最低限の飲水量は、1200ml であり、運動を行う場合はそれ以上の水分補給が必要となる.次に示す表.1~表.3 は運動中における 15~30 分の水分補給、種目別の水分補給タイミングの目安、運動種目別発汗量の予測値を示したものである[2][3].

表.1 運動中の水分補給の目安

運動中 15~30 分の水分補給量の目安	
最少補給量	最大補給量
一口(ひとくち)	200ml

表.2 種目別の水分補給の目安

種目別の運動強度と水分補給量タイミングの目安	
種目	水分補給の目安
トラック競技 サッカー バスケット	500~1000ml (1時間以内)
マラソン 野球など	500~1000ml (1時間ごとに)

A Development of the Water Supply Supported System  
During Exercise in Summer using Fuzzy Theory.

Shibata Ryosuke<sup>†</sup> Takeshi Iwasaki<sup>†</sup> Takanori Ogura<sup>†</sup>

Tomoyuki Mikami<sup>†</sup> Motohiro Kawai<sup>†</sup> Akinori Minaduki<sup>‡</sup>

Kushiro Public University<sup>†</sup>

表.3 運動種目別発汗量の予測値

WBGT	発汗量の予測値(1時間あたり)		
	26℃	28℃	30℃
野球	436 g	487 g	539 g
フットボール	633 g	690 g	746 g
サッカー	679 g	792 g	904 g

表.1~表.3 を考慮して、本研究のシステムでは、水分補給量を 30 分あたり 200ml~1000ml とした.しかし、この措置には個人差や環境による変動があるため、適確な水分補給を導出することが困難である.そこで、対処法として、本研究ではファジィ理論を使用し、水分補給の適確な導出アルゴリズムを開発した.

### 3. WBGT を考慮した水分補給の提案

WBGT は、人体の熱収支に影響の大きい湿度、輻射熱、気温の 3 つを取り入れた指標で、乾球温度(NDB: Natural Dry Bulb Temperature)、湿球温度(NWB: Natural Wet Bulb Temperature)、黒球温度(GT: Globe Temperature)の値を使って計算する. WBGT は熱中症の先行研究でも明らかなように、熱中症との関連性が高く、WBGT の数値が高い時には、熱中症による死亡者数、救急患者搬送者数も多い[4].次に示す表 4 は、WBGT の運動に関する指針である[2].(以下:乾球温度を NDB、湿球温度を NWB、黒球温度を GT とする)

表.4 日本体育協会(1994)熱中症予防のための運動指針

気温(参考)	WBGT 温度	熱中症予防の運動指針
35℃以上	31 度以上	運動は原則中止
31~35 度	28~31 度	厳重警戒
28~31 度	25~28 度	警戒
24~28 度	21~25 度	注意
24 度まで	21 度まで	ほぼ安全

表.4 が示すように、WBGT が 31 度以上のとき、運動は原則中止となっている.しかし、その環境下でも運動が行われているのが現状である.

屋内、屋外の WBGT の算出方法は以下の(1),(2)である.

$$\text{屋内} : \text{WBGT} = 0.7 \times \text{NWB} + 0.3 \times \text{GT} \quad \dots (1)$$

$$\text{屋外} : \text{WBGT} = 0.7 \times \text{NWB} + 0.2 \times \text{GT} + 0.1 \times \text{NDB} \quad \dots (2)$$

しかし、通常、GT は測定されることが少なく、GT を含む測定器は高コストのため、部活、運動行事での使用は少ない.しかし、最近の測定器は、WBGT を湿度と気温で計算できるようになっており、低コストで容易に測定することが可能である.本研究では、WBGT を湿度と気温で計算できる測定器を使用した[5].

## 4. システム概要

以下、システム構成、インターフェースへの入力手順を述べる。

### 4.1. システム構成

本研究は、Java 言語で開発を実施し、スマートフォンで活用できるようにした。これにより、可搬性が向上し、有効性の高いシステム構成を開発した。システムアルゴリズムは、水分補給の必要量にファジネスを含む個人差があるため、ファジィ理論[6]を用いた。また、ファジィアルゴリズムの後件部である水分補給量を導出する際には簡略化推論法を用いた。

### 4.2. インターフェースへの入力手順

1. ユーザーが、WBGT 測定器で現在の WBGT を測定する。
2. ファジィアルゴリズムの前件部に該当する WBGT インターフェース、個人の感度情報である喉の渇き、発汗量をスマートフォンに入力する。
3. システムが、後件部に該当する運動中の必要な水分補給量を導出表示する

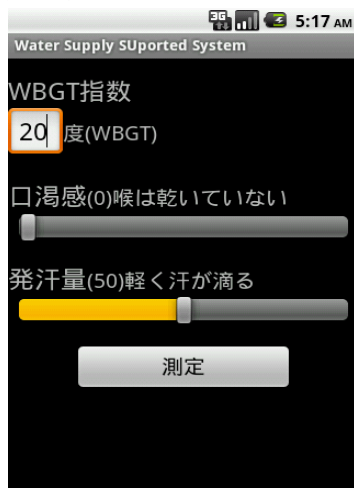


図.1 システム画面(Ver1.0)

## 5. 検証概要

以下、検証環境、検証方法を述べる。

### 5.1. 検証環境

屋内ではユニホック、屋外ではサッカーで検証を実施した。なお、サッカーの検証環境は、本研究の有効性を判断するために、暑くなる時間帯(正午から午後 2 時)、晴れの日に実施した。

また、塩分等を含んだ水分補給が高温下での運動能力を維持することや、熱中症予防に効果的であることが、先行研究で判明しているため、水分補給にはスポーツドリンクを使用した[7]。

### 5.2. 検証方法

検証方法は、以下の表.5、表.6 が示すように、それぞれの被験者に、運動を 1 時間実施させ、自由飲水と本研究のシステムを使用させる比較検証を実施した。また、開発したシス

テムの水分補給量の目安は、30 分毎であるため、それぞれ 10 人の被験者に、30 分毎に休憩をとらせ、システムを使用させた。また、自由飲水と開発したシステムの比較検証は、それぞれ違う日に実施した。

表.5 ユニホックの比較検証

ユニホック(運動時間 1 時間)	
自由引水	開発したシステムを使用

表.6 サッカーの比較検証

サッカー(運動時間 1 時間)	
自由引水	開発したシステムを使用

検証始め、終了時には、被験者に体重を量らせ、体重の増減を調べた。また、検証終了時に、アンケートを実施した。なお、アンケート、検証結果は発表時の資料で提示する。

## 6. おわりに

本研究で開発したシステムは、適切なタイミングで適確な水分補給を推論演算する水分補給支援システムである。高温下でのスポーツは、大幅に水分が不足し、熱中症を起こしやすい。また、地球温暖化の影響で、熱中症患者は増加すると予測される[1]。しかし、熱中症は、他のスポーツ傷害などと違い、適切な水分補給を行えば、予防できるという報告がある[8]。すなわち、本研究で開発した水分補給支援システムは実効的である。

## 7. 今後の展望

開発したシステムを活用するには、WBGT 測定器が必要である。しかし、部活、運動行事での WBGT 測定器の利用は少ない。そのため、WBGT 測定器を普及させることが、今後の課題である。

また、本研究のシステムが、コンティニュー・ヘルス・アライアンス(コンティニュー)に結ばれることによって、本研究で得られたデータを基に、熱中症の予防に役立てることができる。さらに、さまざまな健康・医療システムやサービスと組み合わせることで、本システムの可能性が広がるだろう。

## 謝辞

検証に協力していただいた被験者の皆様に心から深謝いたします。

## 参考文献

- [1] 国立環境研究所 “環境儀 No.32(2009)”
- [2] 日本体育協会 “スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック(2006)”
- [3] 中井誠一、寄本明 他 “運動種目と発汗量および飲水量の検討(1992)”
- [4] 環境省 “熱中症環境保健マニュアル(2011)”  
<http://www.nies.go.jp/health/HeatStroke/wbgt.html>
- [5] 日本生気象学会 朝山正己 他 “日常生活における熱中症予防指針(2007)”
- [6] 中島信之、竹田英二 他 “ファジィ理論入門(1994)”
- [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)”
- [8] 實藤明日香 “熱中症と脱水症状”