

RFID を利用した救急トリアージの実証実験

園 田 章 人^{†1} 井 上 創 造^{†2}
岡 賢 一 郎^{†3} 藤 崎 伸 一 郎^{†4}

RFID を利用したトリアージのシステムとその実証実験について述べる。トリアージは、1. 負傷者の分別・搬送を効率よく行う、2. 事故の負傷者の程度や規模の情報を得る、ことである。本研究では、RFID タグとモバイルネットワーク機器を利用して、1 及び 2 を効率的に行うシステムを提案した。また、80 名程度の負傷者を想定したトリアージの実証実験を行った。その結果、負傷者の搬送時間の短縮と、確実かつ迅速な情報収集ができた。

Experiment of Large Scale Triage with RFID Tags

AKIHITO SONODA,^{†1} SOZO INOUE,^{†2} KEN'ICHIRO OKA^{†3}
and SHIN'ICHIRO FUJISAKI^{†4}

A triage system using RFID and its experiment are described. Triage is a procedure used by emergency personnel to ration limited medical resources to massive injured people, in which triage tags, are used to 1: classify and transport the injured effectively, and 2: obtain and publish the state and the scale of the casualty incident. We applied RFID tags and mobile devices with a wireless network to speed up 1 and 2 and to make them accurate, and verified the effectiveness through an experiment assuming massive injured people, and demonstrated that it even accelerates the transportation of the injured people.

1. はじめに

本研究では、10 名から 100 名程度の負傷者が局所的に発生する事故を想定し、負傷者を事故現場から医療機関に迅速に搬送することを、集団救急と呼ぶ。このような事故の例として、列車の脱線・衝突、バス・自動車の衝突・転落、航空機の墜落・炎上、都市部でのテロが考えられる。

集団救急においては、以下の 2 つのことが行われ、これをトリアージと呼ぶ。

(1) 負傷者を効率的に分別・搬送する

^{†1} 九州大学大学院 システム情報科学府
Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

^{†2} 九州大学大学院 システム情報科学研究院, 九州大学 システム LSI 研究センター
Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, System LSI Research Center, Kyushu University

^{†3} 博多消防署 警備課
Security Department, Fukuoka Fire Prevention Bureau

^{†4} 丸紅株式会社 情報・産業システム部門 RFID プロジェクト部
RFID Project Department, Telecom & Information Division, Marubeni Corporation, and Marubeni Information Systems Co., Ltd

(2) 被害状況を報道機関などに迅速に収集する

集団救急は救急隊員や消防隊員によって行われるが、以下では集団救急に携わる者を救急作業員と呼ぶ。

集団救急のときに迅速に負傷者の情報を収集するには、以下のことが要求される。

- データの保全性
負傷者の情報は入力後に失われてはいけない。
- 高い入力のスループット
負傷者の情報の記入時間は短いほうがいい。
- 高い利用可能性
救急作業員は常にシステムの利用ができる必要がある。
- 短い遅延時間
入力された情報はできるだけ早く集められ、参照できる必要がある。

集団救急においては、(1) の迅速な搬送に重点が置かれているため、(2) の情報収集が十分に行われにくい。現状の方法では、トリアージタグという負傷者の情報を記入するものが使われるが、救急作業員が急いで負傷者の情報を記入するため読み取りが困難なことがある。またトリアージタグを物理的に収集するため、情報が集まるまでに時間がかかる。

本研究では、トリアージタグに RFID タグを埋め込み、救急作業員の入力端末にモバイルネットワーク機器を用いることで、負傷者の情報収集の自動化と正確化を目指す RFID を利用したトリアージシステム(以下 RFID トリアージシステム)を提案した。また我々は、本システムを用いて、80 名程度の負傷者を想定した実証実験を行った。その結果として、以下が得られた。

- 負傷者の搬送時間がシステム未使用時は 65 分であったがシステムを使用することで 42 分に短縮することができた
- 負傷者の情報収集にかかる時間がシステム使用時は未使用時に比べて 20 分程度短縮され、より多い数の情報を得ることができた

RFID トリアージシステムの使用時は未使用時と比べて、システムの利用可能性と入力のスループットを下げることなく、高いデータの保全性と短い遅延時間の実現をすることができた。

本稿は以下の構成である。まず、2 章で集団救急の概略と要求を述べる。3 章で提案する RFID トリアージシステムを述べる。4 章で関連研究を紹介する。5 章で実証実験とその結果を述べ、6 章で全体をまとめる。

2. 集団救急

ここでは、集団救急の概略と要求を述べる。

2.1 現状の集団救急

現状の集団救急は以下の手順で救急作業員によって行われる。図 1 にその概要を示す。

- (1) 事故現場に早く到着した救急隊員は、事故現場から近い安全な場所に一時的な応急処置のための現場救護所と、集団救急の指揮命令現場である現場本部を設置する。
- (2) (1st トリアージ) 消防隊の消火活動などの進行とともに負傷者の救出が可能になり次第、事故現場に入り、負傷の程度を 30 秒程度で判別する 1st トリアージ作業を行う。この際に、負傷の程度が色分けされたトリアージタグを負傷者に取り付ける。トリアージ時の負傷の程度によって、軽症(緑)・中等傷(黄色)・重症(赤)・死亡(黒)に色分けされる。
- (3) 負傷者を事故現場から現場救護所へ移動する。
- (4) (2nd トリアージ) 現場救護所にて、負傷者の情報を可能な限り確認し、トリアージタグに記入する 2nd トリアージ作業を行う。
- (5) (病院選定) 現場救護所から救急車や搬送車(以下

救急車と呼ぶ)で医療機関に搬送する。この前に、搬送先の医療機関を決定する。

- (6) 救急車内でも、トリアージタグに可能な限り情報を入力する。
- (7) 医療機関には消防隊員が救急作業員として待機しており、搬送された負傷者の情報を把握する。
- (8) 救急車は現場救護所に戻り、医療機関への負傷者の搬送を繰り返す。

この中で、負傷者の情報はトリアージタグと共に収集され、広報に用いられる。

2.2 集団救急の要求

迅速な情報収集のためには、以下のことを満たさなければならない。

- (1) (データの保全性) 負傷者の情報は入力後に失われてはいけい。しかし、現状では、複写したトリアージタグの紛失、現場救護所からいなくなる負傷者の存在などがあり、入力後に情報が失われることがある。
- (2) (入力のスループット) 負傷者の情報の記入時間は短いほうがいい。救急作業員の記入時間が長くなると、負傷者の搬送を始めるのが遅くなるなど、他の作業へ影響が生じる。
- (3) (利用可能性) 救急作業員は常にシステムの利用ができる必要がある。システムが利用できない場合は、トリアージタグへの情報の書き込みができないので、時間の経過と共に情報が失われてしまう可能性がある。
- (4) (遅延時間) 入力された情報はできるだけ早く集められ、現場本部から参照できる必要がある。現状では、2.1(6)以降に記入される情報は、救急車が医療機関から現場本部まで運んでこなければ参照することができない。

3. RFID トリアージシステム

ここでは、トリアージタグに RFID タグを用いて、モバイルネットワーク機器により RFID タグへの情報の記入と、情報の収集を実現する RFID トリアージシステムを提案する。

本システムでは、無線通信を用いることにより、トリアージタグに入力した情報はネットワークを通じて集約することが可能である。また、モバイル機器を通じて入力をするため、手書きで記入することに比べて、読み取りやすい利点がある。

さらに、トリアージタグに RFID タグを組み込むことにより、以下の利点がある。

- (1) RFID タグに唯一の識別子が与えられているた

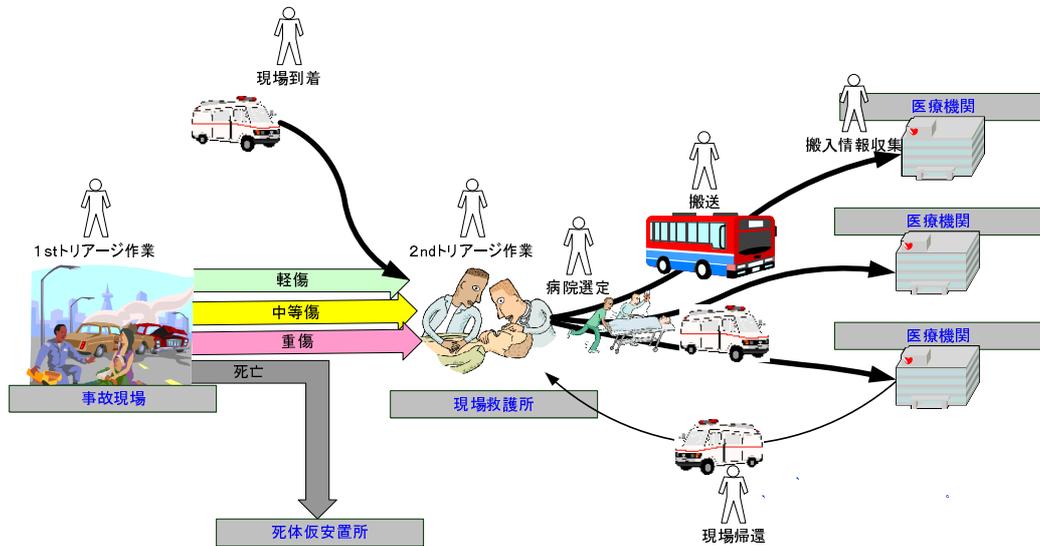


図 1 作業の流れ

め、救急作業者が扱う入力端末が、負傷者を識別できる。

- (2) (利用可能性)RFID タグを用いることにより、通信電波が到達しない山奥や地下、ネットワークが引かれていない病院でも負傷者の情報を得ることができる。
- (3) (入力のスループット) トリアージタグに情報を記入する際に、それまでに記入された情報を RFID タグから読み出し編集することにより、ネットワークの通信時間に影響されずに記入を行うことができる。

3.1 システム構成

以下にシステム構成を示す。

- RFID タグ：あらかじめ、システムの中で唯一となる識別子が与えられている。1 キロバイト程度の書き込み可能な不揮発性メモリを搭載する。通信周波数は 13.56MHz である。
- 1st トリアージ端末、2nd トリアージ端末、病院選定端末：RFID タグのリーダと無線通信インターフェイスを持つモバイル機器である。それぞれ救急作業員が 1st トリアージ、2nd トリアージ、病院選定を行うときに使用される。図 2 に 1st トリアージ、2nd トリアージの入力画面を示す。
- 救急車内端末・病院端末：RFID のリーダと無線通信インターフェイスを持つノート PC で、それぞれ救急車内、病院で使用される。
- 現場本部端末：無線通信インターフェイスを持つノート PC で、現場本部に設置される。

- サーバ：負傷者の情報をデータベースに蓄積し、事故現場と別の場所に設置される。

図 2 1st・2nd トリアージ端末入力画面

3.2 各時点での入力項目

表 1 に従来の方とシステムの各時点での主な入力項目を示す。

システム利用時は、1st トリアージ時に日時、実施者の項目は、自動で入力されるため、救急作業員が記入する必要がない。また、2nd トリアージ時に負傷者の搬送に必要な氏名、住所、年齢の項目の入力を行わないため、迅速な搬送が可能になる。

4. 関連研究

トリアージは、救急医療の分野で効率化が求められている³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。トリアージの補助を目的に様々な

表 1 場面での主な入力項目

シーン	従来	RFID
1st トリアージ	日時, トリアージ実施者, 負傷区分, 年齢, 性別	負傷区分, 年齢, 性別
2nd トリアージ	氏名, 住所, 電話番号	なし
病院選定	収容医療機関	収容医療機関
救急車内	氏名, 住所, 電話番号	氏名, 住所, 電話番号
医療機関		

情報システムが検討されている。その例として、無線やモバイル機器を用いて遠隔医療を行うシステム⁹⁾、それを実現するネットワーク構成¹⁰⁾、小さなセンサーを利用して負傷者の生体反応を得るもの¹¹⁾、アクティブな RFID タグを用いて負傷者の位置を探すもの¹²⁾、が挙げられる。また、災害への対応を補助する情報システムの提案がされている。例えば、地理情報システムを用いて、人や物の探索を行うもの¹³⁾、臨時の無線通信の提供の実現を検討するもの¹⁴⁾、RFID タグを避難の誘導に利用するもの¹⁵⁾、がある。

これまでの研究で、RFID タグや無線通信を利用するものはあるが、2.2 で挙げた要求に取り組んでいるものはない。さらに、RFID タグは上記の要求の改善に利用されていない。

我々の提案は、トリアージタグに RFID タグを利用することとモバイル機器に無線通信を実現することを組み合わせて、2.2 で挙げた要求の改善を目指している。米海軍も RFID タグを用いたトリアージを提案しているが、無線通信と RFID タグを組み合わせていない¹⁶⁾。

5. 実証実験

ここでは、RFID トリアージシステムを用いた実証実験を示す。実証実験は、自動車教習所において、十数台の車両による多重衝突事故を起こし、80 名程度の負傷者が発生したことを想定して 1 日で行う。

5.1 想定

会場は、約 2250m² の自動車教習所を用いる。会場内に、医療機関エリアを確保し、3 つの病院を想定する。また、会場出入り口から約 700m 離れたところに 2 つの病院を想定する。

事故は、2 台のバスと 3 台の普通乗用車が衝突し、被災者として、死者 5 名、重傷者 18 名、中傷者 31 名、軽傷者 28 名を想定する。

また、救急車 14 台 (うち 3 台は 10 名程度搬送できる輸送車)、指揮車、現場本部や現場救護所を設営する車両など 16 台を利用し、救急隊員 85 名で救助を

行う。

5.2 機器の配置

以下に示すような台数の機器を各箇所に配置する。

- 1st トリアージ端末 (PDA(Personal Digital Assistant)): 2 台 (2 組のトリアージ作業員)
- 2nd トリアージ端末 (PDA): 1 台
- 病院選定端末 (PDA): 1 台
- 救急車内端末 (ノート PC): 以下の状態で各救急車に 1 台ずつ
 - RFID 読み書き・無線ネットワーク通信可能なもの: 6 台
 - RFID 読み書き可能、無線ネットワーク通信不可能なもの: 3 台
 - どちらも不可能な車両: 5 台
- 病院端末 (ノート PC): 5 台を各病院 1 台ずつ
現場本部端末は、1 台を現場本部設置時に配備する。サーバは、東京都多摩市にあるデータセンターに配置する。

通信手段としては以下の物を使用する。

- PDA (1st・2nd トリアージ端末, 病院選定端末): IEEE802.11b 無線 LAN インタフェース
- ノート PC (救急車内端末, 病院端末, 現場本部端末): NTT Docomo 社の FOMA データ通信インタフェース

今回の実証実験では RFID リーダと FOMA データ通信インタフェースを同時に搭載できる PDA 端末が見つからなかったために代替的に無線 LAN 通信を用いることにしたが、無線 LAN による通信を用いると、数十メートルの通信しか行うことができないために、通信を仲介するアクセスポイント機器を事故現場近くに設置する必要が生じる。将来的に RFID リーダと長距離通信可能な無線ネットワークインタフェースを同時に搭載できる端末があれば、アクセスポイント機器の設置の手間は解消することができる。

5.3 実験手順

実証実験は、まず従来の方法 (システム未使用) による集団救急を約 1 時間程度で行い、その後ほぼ同じ条件で RFID トリアージシステムを用いた集団救急を同じ時間をかけて行う。

救急作業員および救急車は、救助のための消防隊とともに、事前に設定した時間差により、車両待機エリアから指示者の合図により出動することから各想定での実験は開始する。会場内の医療機関に搬送する車両は、会場内の周回道路を 3 周後、医療機関に到着できるものとし、会場外の医療機関に搬送する車両は、負傷者を収容後、決められたルート仮医療機関に直行

する。

負傷者役はあらかじめ負傷の程度を指示されており、救急作業員の質問などに演技で応じる。

今回の実験の中では2nd トリアージは行わず、RFID トリアージシステムでは、現場救護所への入り口を負傷の程度によって2箇所に分ける。

負傷者の移動と情報の収集について、計測者7名によってストップウォッチを用いて時間の測定を行う。また、RFID トリアージシステムでは情報収集に関して、ログがとられている。

5.4 実験結果

実験の結果を図3, 4, 5に示す。図3はシステム未使用時と使用時の現場救護所の入り口での負傷者の移動の経過を示したもので、図4, 5は負傷者の負傷の区分と住所の項目のシステム使用時の情報の端末への入力時間、サーバへの受信時間、システム未使用時の情報の転記時間の情報収集の経過を示したものである。

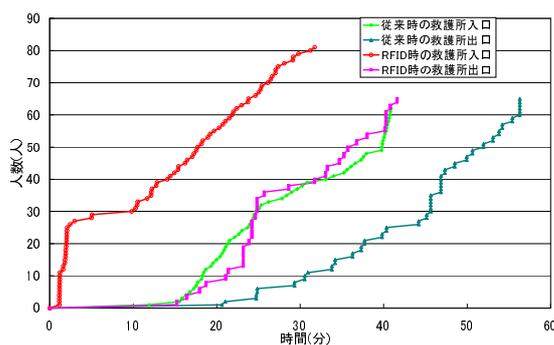


図3 負傷者の移動

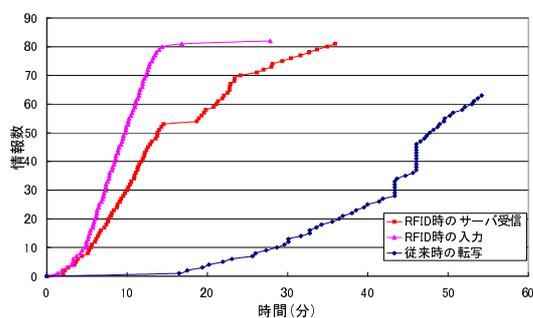


図4 負傷区分の情報収集

5.4.1 負傷者の搬送

図3より、システム未使用時は現場救護所へ62名

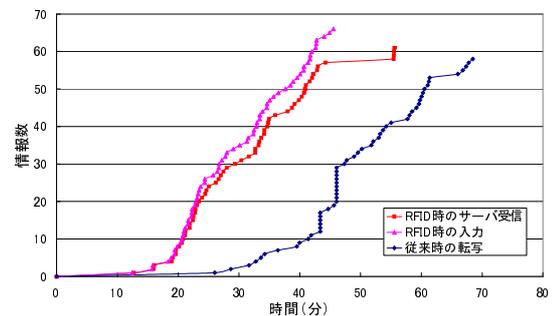


図5 住所の情報収集

の負傷者の搬入が完了するのに41分かかり、病院への搬送が完了するまでに65分の時間を要しているが、RFID トリアージシステムを使用した場合、現場救護所へ81名の負傷者の搬入が32分で完了し、42分で病院への搬送が完了している。

この結果から、RFID トリアージシステムを使用することで、負傷者の搬送の効率を向上させることができることが確認された。

5.4.2 情報収集

図4, 5より、どちらの情報に関しても、RFID トリアージシステム使用時のほうが未使用時よりも早い時間で情報の収集を行うことができている。

また、従来方法においては負傷者全員の情報が最後まで集まっていないが、これは死者は後の方まで事故現場から搬送されないため情報が集まらないこと、現場救護所に入ってから病院に行かず解散した負傷者の情報は収集できないこと、および作業の混乱のため複写を回収できなかった場合があることが考えられる。このことから、負傷者の情報を欠損なく収集する点においてもRFIDを使った方が優れていることがわかる。

図では示していないが、負傷の区分、性別、年齢は入力する時点が同じなので、情報収集の経過のグラフの形状に大きな差はなかった。住所、氏名、電話番号も同様であった。

5.4.3 無線通信に要する時間

図4, 5より、通信が致命的な欠陥にはなっていない。端末への入力時間とサーバの受信時間の差の平均が17.3秒、分散が35.39であった。

5.4.4 救急作業員のスループット

我々は、システム使用時と未使用時の救急作業員の記入時間の測定を行った。その結果、システム使用時はRFID タグへの情報の書き込みに3秒程度の時間がかかるが、記入時間全体では、両者に差はなかった。

5.5 考 察

システム使用時と未使用時を比較して、2.2 で述べた要求について考察する。

データの保全性については、3章の冒頭で述べたように、システム使用時は改善される。

入力のスループットについては、5.4.4 で述べたように、システム使用時も低下しない。仮に RFID タグを用いないシステムの場合、RFID タグへの書き込み時間はなくなるが、無線通信を行う時間が必要になる。5.4.3, 5.4.4 で述べたように、RFID タグへの書き込みの平均時間は3秒程度だが、無線通信の平均時間は17.3秒であるため、無線通信の時間に依存する。

利用可能性は3章の RFID の利点(2)に述べたように、システムでも使用時と未使用時で同等の利用が可能である、仮に RFID タグを用いないシステムの場合、通信環境が整っていないときは、情報の参照や更新をすることができないため、利用可能性が低下する。

遅延時間については、図4, 5よりシステム使用時は未使用時と比較して、早い時間での収集が実現されている。

6. おわりに

本論分では、RFID トリアージシステムの提案し、80名程度の負傷者を想定して実証実験を行った。その結果、負傷者の搬送時間の短縮と、確実かつ迅速な情報収集ができた。

謝 辞

実験に協力いただいた、丸紅株式会社および丸紅情報システムズ株式会社、凸版印刷(株)、福岡市総務企画局情報企画課、みずほ情報総研株式会社、財団法人九州システム情報技術研究所、株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ九州福岡支店、西日本電信電話株式会社福岡支店、福岡市消防局博多消防署、春日・大野城・那珂川消防本部、の諸氏に感謝いたします。本論文は、平成15年度科学研究費補助金(学術創成研究費(2))(課題番号:14GS0218)によるものである。

参 考 文 献

- 1) P. Hewkin, "Smart Tags - The Distributed Memory Revolution," IEEE Review, 1989.
- 2) R. Want, K. P. Fishkin, A. Gujar, B. L. Harrison, "Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags," Proc. Int'l Conf. CHI 99, pp. 370-377, 1999.
- 3) F. Subash, F. Dunn, B. McNicholl, J. Marlow, "Team triage improves emergency depart-

ment efficiency," Emerg. Med. J.21, pp542-544, 2004 Sep.

- 4) T. Kilner, "Triage decisions of prehospital emergency health care providers, using a multiple casualty scenario paper exercise," Emerg. Med. J., 19, pp.348 - 353, Jul 2002.
- 5) S. Goodacre, F. Morris, B. Tesfayohannes, G. Sutton, "Should ambulant patients be directed to reception or triage first?," Emerg. Med. J., 18, pp.441 - 443, Nov 2001.
- 6) J. Terris, P. Leman, N O 'Connor, R. Wood, "Making an IMPACT on emergency department flow: improving patient processing assisted by consultant at triage," Emerg. Med. J., 21, pp.537 - 541, Sep 2004.
- 7) White, Ann, "Change strategies make for smooth transitions," Nursing Management. 35(2) pp.49-52, Feb. 2004.
- 8) Parker, Pam, "Move care to a higher level with emergency systems," Nursing Management. 35(9), pp.82-84, Sep. 2004.
- 9) S. Voskarides, C. Pattichis, R. Istepanian, E. Kyriacou, M. Pattichis, C. Schizas, "Mobile Health Systems: A Brief Overview," Proc. SPIE AeroSense 2002, pp. 124-131, 2002.
- 10) K. Banitsas, R. Istepanian, S. Tachakra, T. Owens, "Modelling issues of Wireless LANs for Accident and Emergency Departments," IEEE EMBC Conf., vol. 4, pp. 3540-3543, Oct 2001.
- 11) K. Lorincz, D. Malan, T. Fulford-Jones, A. Nawoj, A. Clavel, V. Shnayder, G. Mainland, M. Welsh, "Sensor Networks for Emergency Response: Challenges and Opportunities," IEEE Pervasive, Vol. 3, Num. 4, pp.16-23, 2004.
- 12) http://www.activewaveinc.com/applications_hospitals.html
- 13) P. Oosterom, S. Zlatanova, S. Fendel, M. Elfriede (Eds.) "Geo-information for disaster management," Springer Verlag, 1434, 2005.
- 14) S. Midkiff, C. Bostian, "Rapidly-Deployable Broadband Wireless Networks for Disaster and Emergency Response," 1st IEEE Workshop on Disaster Recover Networks (DIREN '02), 10 pages, Jun. 2002.
- 15) S. Sharma, S. Gifford, "Using RFID to Evaluate Evacuation Behavior Models," North American Fuzzy Information Processing Society Conference, 5 pages, 2005.
- 16) J. Yoshida, "Navy to Use RFID Technology in Iraq," EE Times News, May, 2003, <http://www.embedded.com/showArticle.jhtml?articleID=10700142>.