

# タブレットと書道筆を用いた 仮想的書道パフォーマンス体験システム

天間遼太郎<sup>†</sup> 佐藤健<sup>†</sup> 細川靖<sup>†</sup>

書の新たな表現として、音楽に合わせ、複数人で踊りながら、大きな半紙に筆を使って文字を書く、書道パフォーマンスがある。近年広く認知され、注目されているが、広い場所や大量のインクが必要なために、新規に取り組むには敷居が高い。そこで、複数人で協調して文字を書くことに重点を置き、複数のタブレットや筆型デバイスを用いて、これを手軽に仮想体験できるシステムを提案・試作する。評価実験の結果、未経験者向け体験システムとしてだけでなく、経験者向けの練習システムとしても有効であるとの示唆を得た。

## Virtual performance calligraphy experience system using tablets and writing brush

RYOTARO TEMMA<sup>†</sup> KEN SATO<sup>†</sup> YASUSHI HOSOKAWA<sup>†</sup>

The performance calligraphy has appeared as a new way of calligraphy, which number of people write in wide paper with dancing to the music. In late years, it has known widely, but it is difficult for beginners to try, because it requires large space and mass of ink. So we propose the virtual experience system, which can try cooperative calligraphy using the several tablet devices and the brush shape device. A field test suggests that our system is not only effective as experience system for beginners, but also as training system for artists.

### 1. はじめに

筆で文字を書く「書」は、小学校の授業での書写や、芸術表現としての書道など、日本人に馴染み深い。この書の新たな表現手法として、近年、「書道パフォーマンス」が注目されている。これは、J-POPなどの音楽に合わせながら、ダンスや手拍子等も交え、様々な色のインクをつけた巨大な筆を複数使い、複数人のチームで、大きな紙に絵や文章を描く芸術表現である[1]。書道パフォーマンスの様子を図1に示す。これは、伝統的な書道と大衆的な音楽とを組み合わせ、比較的新しい芸術表現であり、その表現を競う「書道パフォーマンス甲子園」[2]と呼ばれる大会も開催され、活発な活動が行われている。

しかしながら、実際に書道パフォーマンスを行うには4x6メートル程度の巨大な紙や、数リットルものインク、そして広いスペースが必要である [1]。このため、初心者が書道パフォーマンスを体験することは困難である。

そこで、本稿では、書道パフォーマンスを構成する要素のうち、複数人で協調して書を行うことに着目し、これを持ち運びが容易なタブレット端末と筆デバイスを用いて仮想体験を提供するシステムを提案する。手軽さに重点を置くため、サーバと複数の無線接続されたタブレット端末及



図1 書道パフォーマンスの様子  
Figure 1 Performing a “performance calligraphy”.

び、導電加工を施した書道筆(以下、筆デバイスと略す)を用いる。また、システムはWebブラウザ上で動作するため、容易に扱うことができる。

あるタブレット端末に文字を書くと、他のすべてのタブレット端末は、基の文字に同期して筆跡を描画する。これは、いずれのタブレット端末から書き込む場合にも同様である。また、入力デバイスとして、実際の書道で用いられ

<sup>†</sup> 八戸工業高等専門学校  
National Institute of Technology, Hachinohe College

る書道筆に導電加工したものをを用いるため、筆本来の特性である「しなり」や「反発」など、持ち手へのフィードバックを活かした入力を可能とする。

これらにより、書道パフォーマンスのうち、複数人で協調して文字を書くことを手軽に直感的に体験することができるシステムを目指した。

また、評価実験により、本システムが書道パフォーマンスを仮想的に体験するシステムとして有効か調査する。

## 2. 関連研究

ソフトウェア上で仮想的に書道を行うシステムの研究は複数行われている。

島田らは、仮想的な半紙や硯などが投影されたスクリーン一体型のテーブルの上に、3次元位置センサを内蔵した書道筆で直接筆記し、毛先の接地に応じた筆跡を描画することで、直感的な仮想書道システムを実現した[3]。端山らや伊藤らは、Webカメラを用いて画面上の書道筆の位置を認識することにより、画面への直感的な筆記を実現した[4][5]。しかしながら、これらは大きな専用装置やカメラの設置が必要であるため、書道を手軽に体験することは困難であった。

山下らや近らは、タブレット端末及び電気を通す導電布を巻きつけた書道筆を用いることで、手軽な仮想書道を実現した[6][7]。しかし、依然として使用者が単独で書道を行うため、書道パフォーマンスのような、複数人で協調して行う書は実現されていない。

## 3. 提案

### 3.1 ハードウェア構成及び動作手順

第1章で述べたように、本システムは、サーバと複数の無線接続されたタブレット端末及び、筆デバイスを用いて構成する。これを図2に示す。



図2 ハードウェア構成

Figure 2 The hardware configurations.

各ユーザのタブレット画面には、文字を書き込むことのできるキャンパスの一部を表示する。この表示されている一部分を、ビューポートと呼ぶ。これは、実際の書道パフ

ォーマンスで用いられる広大なキャンパスのうち、その一部を見ていることを再現している。また、タブレット端末とは別にディスプレイを用意し、これにキャンパス全体を表示する。これを俯瞰用ディスプレイと呼ぶ。これを確認することにより、各ユーザは、作品の全体像を把握することができる。

図2では、俯瞰用ディスプレイの画面に示されている、赤色の破線の枠が、各ユーザのビューポートとしてタブレット画面に表示されている。ユーザは、2本指でタッチパネルをスワイプすることにより、このビューポートを移動することができる。

また、あるユーザが文字を書き込んだ場合、その筆跡は、瞬時に他の全てのユーザや俯瞰用ディスプレイへ共有される。この機能は、サーバを設置することで実現する。

以上の複数のタブレット端末やサーバは有線LANやWi-Fi等の手法でネットワークに接続され、相互に通信可能な状態とする。

次に動作手順について述べる。ユーザ①が筆デバイスを用いてタブレット端末に文字を書き込むと同時に、その筆跡を、一度サーバに転送する。その後、他の全てのタブレット端末や俯瞰用ディスプレイへ転送する。また、ユーザ②や他のユーザが文字を書き込む場合も同様である。これにより、全ての端末上のキャンパスの同期を行う。よって、書道パフォーマンスを構成する要素のうち、複数人で協調して行う書を、仮想体験することが可能である。

### 3.2 動作画面

試作したシステムの動作画面を図3に示す。



図3 各デバイスの画面

Figure 3 The screens of each device.

図3において、右上に置かれたスマートフォンが、ルータ及びWi-Fiアクセスポイントの機能を持つ。また、中央上部に置かれたラップトップがサーバ及び俯瞰用ディスプレイの機能を持つ。これにより、サーバと各ユーザが相互に通信可能な状態にある。

画面に表示している筆跡は、実際に筆デバイスを用いて、文字を書き込む例である。このように、俯瞰用ディスプレイにはキャンパス全体を表示し、各タブレット端末にはその一部分を表示している。また、筆跡を常に全ての端末で同期することにより、複数人で協調して行う書を実現している。

#### 4. システム実装手法

本システムにおける、サーバやタブレット上で動作するソフトウェアや、入力デバイスとしての筆型デバイスの実装手法について、それぞれ述べる。

##### 4.1 ソフトウェア構成

本システムは Web ブラウザ上での動作を前提としている。Web ブラウザ上で動作するシステムのメリットとして、処理部分にインタプリタ型言語である javascript(ECMAScript [8])を用いるので、変更内容を即座に確認できることがあげられる。また、Web ブラウザの発達により、ネイティブアプリと比べ遜色ない処理性能やデバイスのセンサ値が取得可能である [9][10]。

本システムでは描画データをリアルタイムで共有するため、そのデータを受け渡すサーバが必要である。これにはサーバサイド javascript 環境である node.js [11]を用いる。これはサーバサイドプログラムをクライアントサイドと同一言語である javascript で記述するので、開発が容易である。また、通信ロスの少ない双方向通信プロトコルである WebSocket [12]を容易に扱うことのできる Socket.io の他に、様々なライブラリが追加のパッケージ形式で用意されている特徴がある。

上記の開発環境の構築は、個別のインストールや環境構築が必要であり、容易ではない。そこで、本システムでは Docker 社による docker [13]を用いる。これは Linux 環境でのコンテナ型仮想化を可能にし、Dockerfile に記述された環境構築の手順に従いコンテナ上に任意の環境を自動でインストールすることで環境構築を容易にし、さらに新たな環境でのデプロイも容易にする。前記と併せ、Dockerfile 及び本システムのプログラムを Web 上で git repository を扱うことのできる github で管理することで環境構築からデプロイまでを全て自動化する。

本システムを使用するユーザの端末には HTC 社製の Android タブレットである Nexus 9 [14]を用いる。このタブレットにインストールした Web ブラウザ Google chrome[15]より本システムにアクセスする。

以上をまとめた本システムのソフトウェア構成を図 4 に示す。

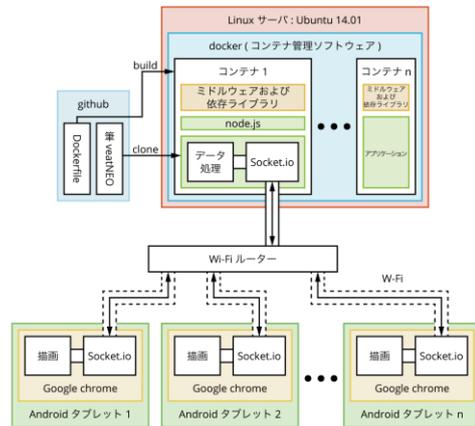


図 4 ソフトウェア構成

Figure 4 The system software configurations.

##### 4.2 筆型デバイス

タッチパネル上で文字を書く際の入力インタフェースとして、実際の書道で用いられる書道筆に加工を施した、筆デバイスを用いる。

山下ら及び近らの研究[6][7]において、数多くの筆デバイスが試作されたが、毛先の部分が導電布[16]で覆われていることにより、依然として実際の筆とはしなり具合や書き心地がかけ離れていた。

そこで全く異なるアプローチによる新たな筆デバイスの提案および試作を行う。試作した筆デバイスを図 5 に示す。



図 5 提案する筆デバイス

Figure 5 Proposal brush device.

筆の先端部を拡大した図に注目すると、筆管の部分に銀色の糸を巻きつけ、穂首に通していることが分かる。この糸は、電気を通す導電糸[17]と呼ばれるものである。また、穂首には十分に水を含ませている。これらにより、書道筆全体が導電体となり、静電容量方式タッチパネルから、筆管を通して指に至るまで、電氣的に接続された状態になる。

これを用いてタッチパネルへ入力を行っている様子を図 6 に示す。

図 6 左は先端のみを接地した場合であり、図 6 右は筆を画面へ押し付けた場合である。筆跡の太さは、タッチパネルへの入力の接地面積を用いており、プログラムで得られる接地面積のプロパティと、実際の接地面積を適切に対応

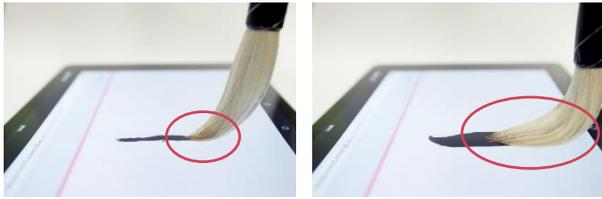


図 6 筆の接地面積と筆跡の太さ

Figure 6 Comparison between the area of the path and the boldness.

させることで、直感的な入力を可能とした。

この筆デバイスは、穂首と筆管の境目に導電糸を通し、残りを筆管に巻きつける加工を施している。これらの加工は容易に行うことが可能である。また、構成がシンプルであるために、筆本来の特性を活かすことができる。さらに、先端に含ませる水は水道水等で十分であるため、コストがかからず、墨汁のように汚れることがないなどのメリットを持つ。

## 5. 評価実験

### 5.1 評価対象

本システムが、書道パフォーマンスを仮想的に体験するシステムとして有効か評価を行った。評価は、書道パフォーマンス甲子園において受賞経験[18]のある、青森県立八戸東高等学校[19]（以下、八戸東高校と略す）の書道部員を被験者とした。被験者の選出理由は、本システムが書道パフォーマンスを構成する要素をどれだけ再現できているか及び、システムの有効性を、実際に書道パフォーマンスを全国大会に出場するレベルで行っている生徒からの視点として、検証できると期待されるためである。

### 5.2 評価形式

八戸東高校の書道部員、計 32 名及び、指導教員 2 名を被験者として評価を依頼した。部員の学年構成は、1 年生が 9 名、2 年生が 9 人、3 年生が 14 人である。評価の手順は、評価の趣旨やシステムの概要を説明した後、2 人 1 組ずつシステムを体験し、その後、アンケートへの記入を行うものである。評価の様子を図 7 に示す。

アンケートの質問及び回答項目、評価値は以下のとおりである。

問1 書道の経験年数を教えてください。

1. 「1 年以下」、2. 「2-4 年」、3. 「5-7 年」、4. 「8-9 年」、5. 「10 年以上」から 1 つ選択

問2 書道パフォーマンスの経験年数を教えてください。

1. 「1 年以下」、2. 「2 年」、3. 「3 年」、4. 「4 年」、5. 「5 年以上」から 1 つ選択



図 7 評価の様子

Figure 7 Field research.

問3 簡単に操作ができましたか？

- 1 を「難しい」、5 を「簡単」として 5 段階で評価

問4 思い通りに文字を表現できましたか？

- 1 を「表現できなかった」、5 を「表現できた」として 5 段階で評価

問5 書かれた線は本物に近いですか？

- 1 を「本物とは程遠い」、5 を「本物に近い」として 5 段階で評価

問6 本システムは未経験者向けの書道パフォーマンス仮想体験システムとして有効ですか？

- 1 を「有効ではない」、5 を「有効である」として 5 段階で評価

問7 本システムの方向性として適切であると考えられるのはどちらですか？

1. 「未経験者向け仮想体験システム」、2. 「経験者向け練習システム」から 1 つ選択

問8 その他ご意見やご感想がありましたらお聞かせください。

自由記述

### 5.3 評価結果

問 1 の結果を円グラフとして図 8 に示す。図 8 より、78%の生徒が 2 年以上書道を経験していることが分かる。

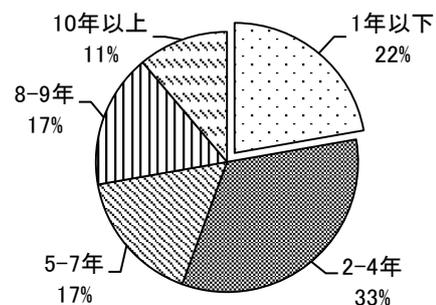


図 8 問 1 書道の経験年数  
Figure 8 Years of calligraphy.

問 2 の結果を円グラフとして図 9 に示す。図 9 より、56%程度が 2 年以上書道パフォーマンスを経験していることが分かる。

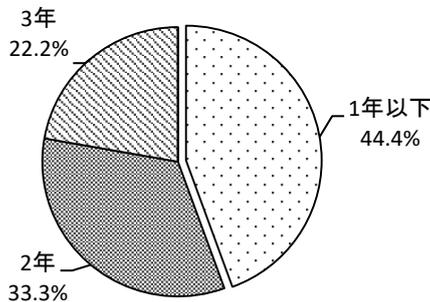


図 9 問 2 書道パフォーマンスの経験年数  
Figure 9 Years of performance calligraphy.

問 3, 問 4, 問 5, 問 6 の結果のそれぞれの評価値の構成比及び平均との差を横棒グラフとして、表 1, 表 2, 表 3, 表 4 に示す。

表 1 問 3 簡単に操作ができたか  
Table 1 Simplicity of use.

評価値	構成比	0	50	100	平均との差	-1.5	0.0	+1.5
1	0%				0.00			
2	0%				0.00			
3	13%				0.31			
4	22%				-0.58			
5	66%				0.13			

評価値 1を「難しい」、5を「簡単」として5段階で評価

表 2 問 4 思い通りに文字を表現できたか  
Table 2 Can draw as you want.

評価値	構成比	0	50	100	平均との差	-1.5	0.0	+1.5
1	0%				0.00			
2	6%				1.06			
3	31%				0.36			
4	38%				-0.60			
5	25%				0.19			

評価値 1を「表現できなかった」、5を「表現できた」として5段階で評価

表 3 問 5 筆跡は本物に近い  
Table 3 Reality of lines.

評価値	構成比	0	50	100	平均との差	-1.5	0.0	+1.5
1	0%				0.00			
2	6%				1.06			
3	19%				1.06			
4	28%				-0.77			
5	47%				-0.10			

評価値 1を「本物とは程遠い」、5を「本物に近い」として5段階で評価

表 4 問 6 未経験者向け体験システムとして有効か  
Table 4 Effectiveness as experience system for beginner

評価値	構成比	0	50	100	平均との差	-1.5	0.0	+1.5
1	3%				1.56			
2	3%				0.56			
3	3%				-0.44			
4	28%				-0.55			
5	63%				0.16			

評価値 1を「有効ではない」、5を「有効である」として5段階で評価

ここで表内に示す「平均との差」は、その評価値を選択した生徒の書道経験年数の平均と、全体の書道経験年数の平均との差を表している。この値が大きい場合、その評価値を選択した生徒の書道経験年数は長く、値が小さい場合は、書道経験年数が短いことを表す。これより、各質問と書道経験年数の相関を調べる事が可能である。

問 7 の結果を円グラフとして図 10 に示す。図 10 より、7 割程度が未経験者向け仮想体験システムとしての発展を期待していることが分かる。

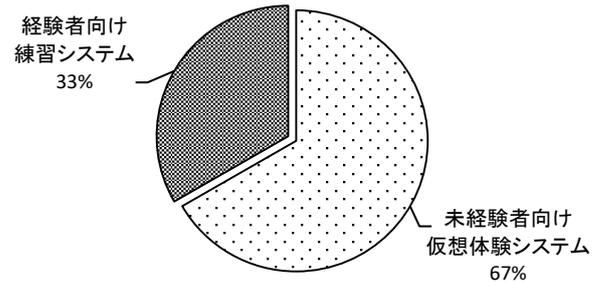


図 10 問 7 本システムのあるべき方向性  
Table 10 Expected future direction

問 8 の結果として、以下に示す意見や感想が得られた。

○肯定的

- かすれや筆跡の太さの表現が実際のものに近い
- 楽しい
- 自宅で手軽に練習ができそう
- 実際の書道筆や水を用いる点が良い
- 書道未経験者に対するきっかけとして有効である

○否定的

- ざらつきのある紙に慣れているため、つるつると滑る画面上で書くのは難しい
- 書いている際に、線が途切れることがある
- 毛先の「割れ」に応じたかすれ表現ができない
- 反応が少し遅い
- 未経験者は紙に書くべきである

○その他

- 作品を保存したり共有したりする機能がほしい

## 6. 考察

前節の評価結果を踏まえ、次に示す視点から考察する。

### 6.1 システム評価

図 8 より、8 割程度の生徒が、書道を 2 年以上経験していることが分かる。また、図 9 より、6 割程度の生徒が書道パフォーマンスを 2 年以上経験していることが分かる。よって、本評価で得られた回答結果は、実際に書道パフォーマンスを行っている生徒からの視点が大きく反映されたものであるといえる。

問 3、問 5、問 6 について示した表 1、表 3、表 4 の構成比グラフより、肯定的な評価値 4 と 5 は、全体に対して 7 割以上を占めている。また、表 4 から、未経験者向けの書道パフォーマンス仮想体験システムとして、概ね有効であるという結果が得られた。よって、書道パフォーマンスを構成する要素の再現性や、システムの有効性について、全体として肯定的に受け止められたと考える。

その一方、問 7 について示した図 10 では、本システムの今後の方向性として、「経験者向け練習システム」の回答が 3 割を上回っている。これは、「かすれや筆跡の太さの表現が実際のものに近い」や「自宅で手軽に練習ができそう」という意見から、本システムにおける「書」の再現性が肯定的に評価されたため、練習システムとしての今後の発展を期待し、この回答が選ばれたと考える。

以上は肯定的な評価に対する考察であるが、少なからず見受けられた、否定的な評価についても考察する。

表 1、表 2、表 3、表 4 において、否定的な評価値 1 と 2 を選択した生徒が、僅かではあるが存在する。関連のグラフに注目すると、否定的な評価値は、いずれも好意的な評価値に比べ、平均の差が正に大きいことが分かる。これは、否定的な評価値を選択した生徒は、書道経験が長い傾向を示すものである。よって、書道経験が長いほど、本システムにおける書の再現は不十分と捉えられていると考える。

また、「毛先の「割れ」に応じたかすれ表現ができない」といった、表現に対する指摘が挙げられた。筆に水が十分に含まれ、毛先が束状である場合は、その毛先の接地に近い筆跡が描画される。しかし、含まれる水が少ない状態で、筆を画面に押し付けた場合は、毛先の束がほぐれて広がる。この状態では、タッチパネルは複数の指でタッチされると認識するため、本システム上ではキャンパスのビューポートの移動として機能する。しかしながら、指導教員の意見としては、毛先の束がほぐれることによる筆跡のかすれは、書の表現手法として重要であるとのことだった。

### 6.2 未経験者向け仮想体験システムとして展開する場合

前項での考察を踏まえ、今後、多くの回答が得られた、未経験者向け仮想体験システムとして展開する場合につい

て考察する。

この場合、評価実験で得られた、「書の再現が不十分であること」に対し、再現性の向上は必ずしも必要でないと考ええる。これは、体験システムとして最も重視すべき要素は、「複数人で協調して書を行うこと」であると考えられるからである。本システムでは、これは既に実現している。しかしながら、書道パフォーマンスに関する知識をほとんど持たない、未経験者に対する学習手段が不足している。そこで、チュートリアル形式で、書道パフォーマンスについて学ぶ機能を実装する必要があると考える。

また、「作品を保存したり共有したりする機能がほしい」との指摘が挙げられたため、これらを実装する必要がある。これが実現すれば、教師的な表現を模するような使い方も可能になると考える。

## 7. まとめ

書の新たな表現である書道パフォーマンスを、手軽に仮想体験できるシステムとして、複数のタブレット端末と導電加工を施した書道筆を用いて試作した。評価実験より、書道パフォーマンス経験者の視点から、仮想体験システムとして概ね有効であるとの評価が得られた。しかしながら、書道経験が長い生徒からは、「書」における表現の再現性が不十分であるとの評価も得られた。ただし、これが改善された場合、経験者向けの練習システムとしても有効であるとの示唆が得られた。

今後は、多くの意見が得られた、「未経験者向け書道パフォーマンス仮想体験システム」としてシステムの研究を続ける。そして、現在の大きなキャンバスを再現したユーザインタフェース以外の、より効果的な再現手法検討や、未経験者向けのシステムとして発展する上で必要になる、適切な学習方法の実装について、調査する必要がある。

### 謝辞

本研究は、書家で八戸工業高等専門学校書道家講師の米田巧氏、八戸工業高等専門学校書道部員の黒澤景輔氏に有益な示唆を頂いた。また、八戸東高校の書道部員並びに指導教員の工藤享一教諭には、お忙しい中、評価に協力して頂いた。謹んで感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 書道：古くて新しい自己表現、[http://www.tjf.or.jp/clicknippon/ja/archive/docs/TB24\\_J.pdf](http://www.tjf.or.jp/clicknippon/ja/archive/docs/TB24_J.pdf).
- 2) 「書道パフォーマンス甲子園」公式ホームページ、<http://shodo-performance.jp/>
- 3) 島田英之、島田恭宏、大倉 充：毛筆で筆記可能な仮想書道システムの開発、情報処理学会論文誌、47(12),pp.3392-3401 (2006).
- 4) 端山竜也、渡辺賢悟、宮岡伸一郎：Web カメラを使用した書道パフォーマンスツールの開発、第 73 回全国大会講演論文集、2011(1),pp.129-130 (2011).

- 5) 伊藤菜穂子, 青柳龍也: 実書道筆入力装置: ふでいち, 第76回全国大会講演論文集, 2014(1), pp.59-60 (2014).
- 6) 山下和志: タブレット端末を用いた書道学習システム試作, 八戸工業高等専門学校 平成24年度卒業論文集, (2013).
- 7) 近圭一郎: タブレット間通信を用いた書道学習システムに関する研究, 八戸工業高等専門学校 平成25年度卒業論文集, (2014).
- 8) Standard ECMA-262,  
<http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm>
- 9) Staring at the Sun: Dalvik vs. ASM.js vs. Native,  
<https://blog.mozilla.org/javascript/2013/08/01/staring-at-the-sun-dalvik-vs-spidermonkey/>
- 10) Mobile HTML5 compatibility, <http://mobilehtml5.org/>
- 11) About Node.js, <https://nodejs.org/en/about/>
- 12) RFC 6455 - The WebSocket Protocol,  
<https://tools.ietf.org/html/rfc6455>
- 13) What is Docker?, <https://www.docker.com/what-docker>
- 14) Nexus 9 | HTC, <http://www.htc.com/jp/tablets/nexus-9/>
- 15) Chrome Browser,  
<https://www.google.co.jp/chrome/browser/features.html>
- 16) Technical Data Sheet MedTex™ P-130,  
<http://www.shieldextrading.net/pdfs/Medtex%20130.pdf>
- 17) Technical Data Sheet Conductive Sewing Thread,  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/E-Textiles/260151011717oz.pdf>
- 18) お知らせ一覧 | うどん県 書道パフォーマンス大会 | shodo815 OFFICIAL WEBSITE,  
[http://fm815.com/b\\_shodo815/2013/07/](http://fm815.com/b_shodo815/2013/07/)
- 19) 青森県立八戸東高等学校,  
<http://www.hachinohehigashi-h.asn.ed.jp/>