

実配線体験が可能な 論理回路シミュレータの開発と その評価

大阪公立大学大学院情報学研究科

太田正哉



本資料について

- 本資料は、一般社団法人 情報処理学会 情報処理教育委員会 情報システム教育委員会主催による第16回情報システム教育コンテスト (ISECON2023) の本審査用資料を元に再編集されたものです。
- 本資料（太田 正哉, 「実配線体験が可能な論理回路シミュレータの開発とその評価」, ISECON2023, 2024.3.17）は、[クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンス](#)の下に提供されています。

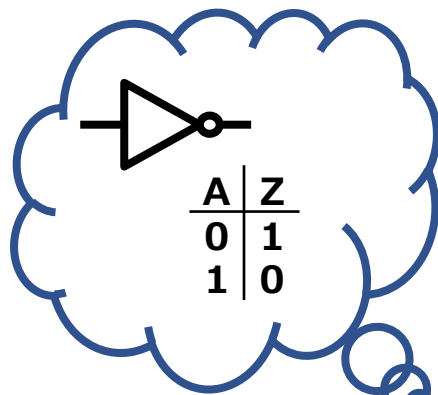
はじめに

高等学校情報Iの必修化で論理回路の学習がスタート

学習の目標は「コンピュータ内部の仕組みの理解」

しかし実際は → **真理値表の丸暗記!** → 実験で実物を体験させたり、
コンピュータの構成要素である
ことを実感させたい

そんな表
コンピュータ
と関係ある?



A	Z
0	1
1	0



せめて実験で
論理回路を
実感させたい

はじめに

実回路による実験

- ・ **利点** : 実物を用いた回路配線体験ができる

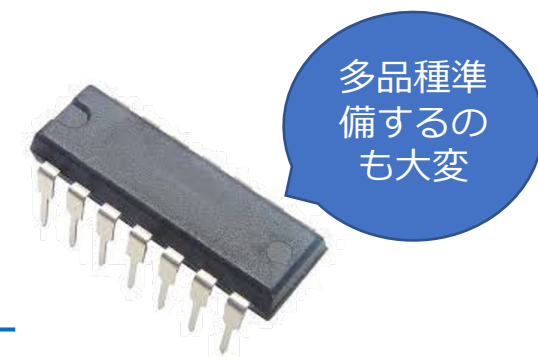
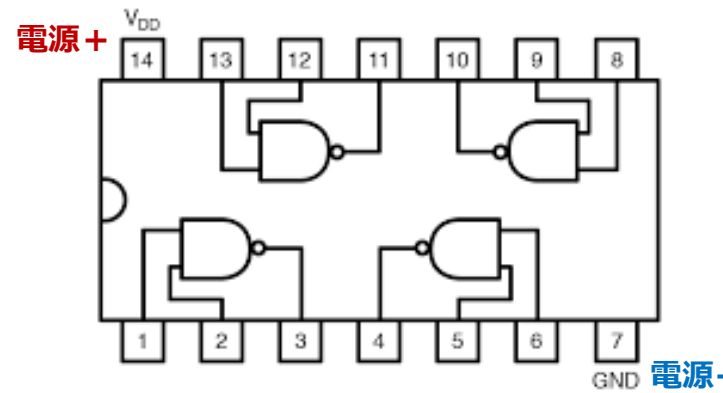
問題1 教員 1 人で**40人**を相手にできない **炎上必至**

問題2 電気回路の知識が必要 (電源が必要・指導が面倒)

問題3 短絡による事故 (火傷など)



少人数ではできても**多人数授業ではムリ!**



はじめに

回路シミュレータによる実験

- ・ **利点** : 実回路実験の問題点ほぼ解消

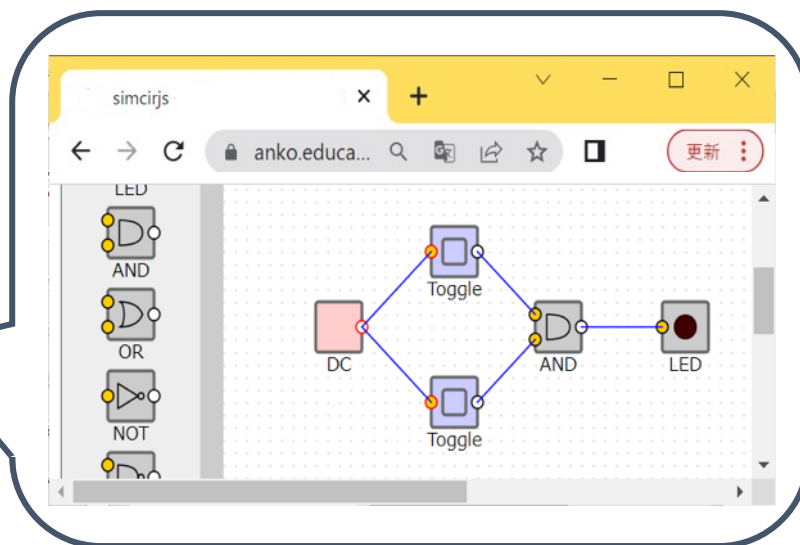
問題1 教員 1 人で**40人**を相手にできない (**ここは残る**)

問題2 実物を用いた**実体験**ができない

問題3 個人プレー → **グループ学習が難しい**



XXちゃん頑張って！



はじめに

提案システム

実配線体験が可能な 論理回路シミュレータ?!



実回路なのに
シミュレータ?

提案システム

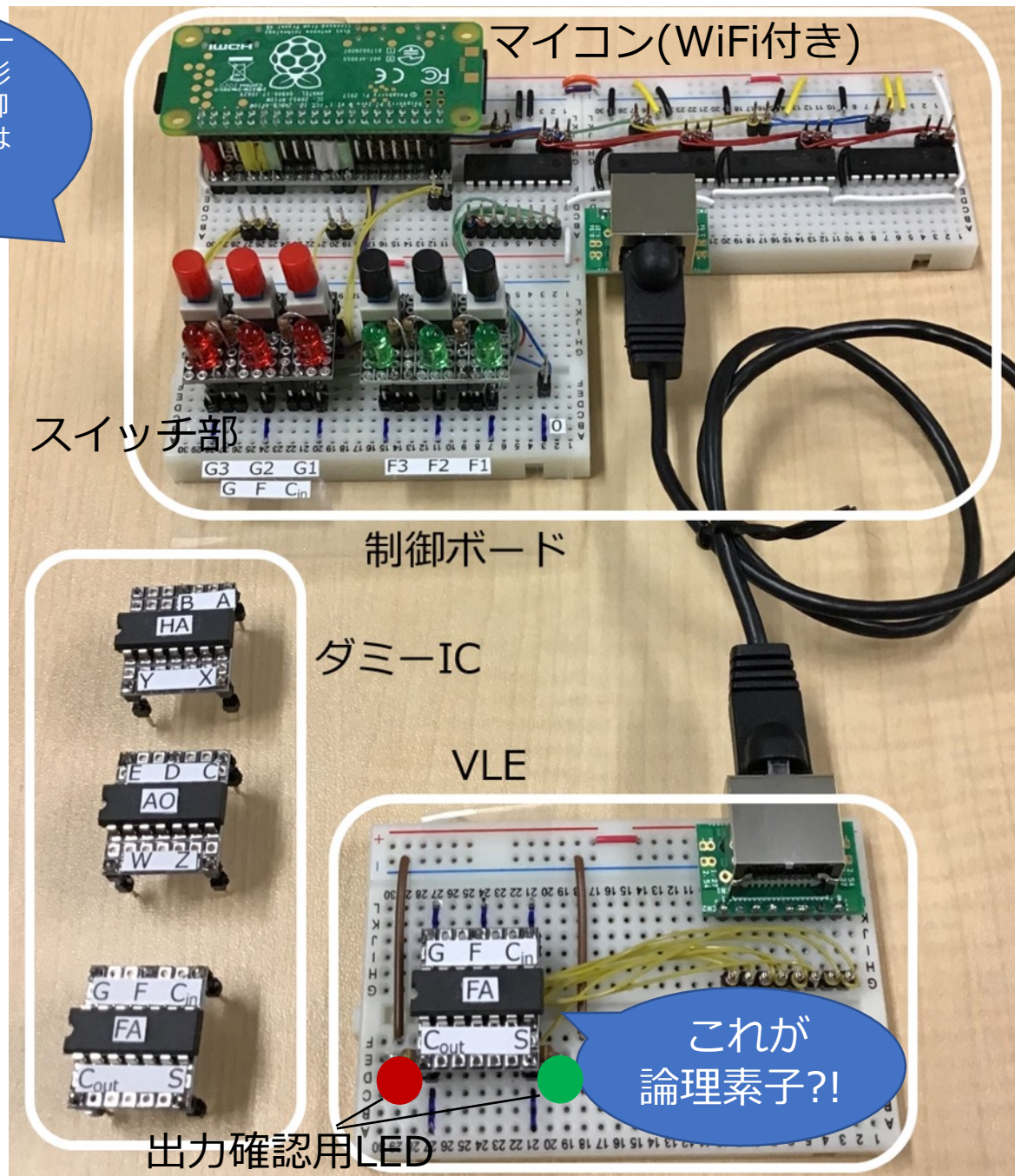
試作のためブレッドボードがむき出しだが最終形はVLE(ダミーIC)と制御ボードのスイッチ以外はケース内へ収納し生徒から隠蔽

VLE(仮想論理素子)

- 生徒にこれが論理素子だと教える
- 生徒は複数のVLEを繋いで論理回路作成
- スイッチ部から論理回路へ0,1を与える
- VLEのLEDの点灯/消灯で出力を確認
- ICへの電源供給は不要

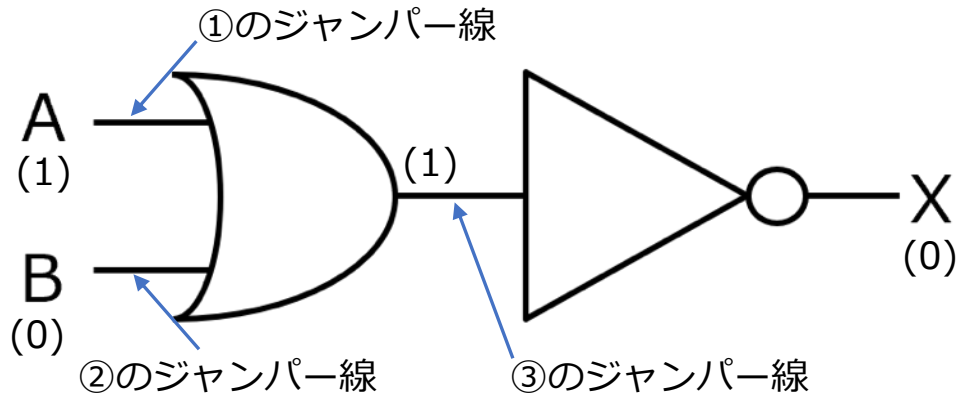
制御ボード

- 制御ボードのマイコンは、生徒がどのICのどの端子同士を繋いだかリアルタイムに監視し、回路をソフト的に再現し、これを回路シミュレーションし、結果からLEDの点灯/消灯を決定。
- 生徒には回路が動作したように見えるが、実際はシミュレーション結果を見ている。



提案システム(接続例)

製作目標の論理回路

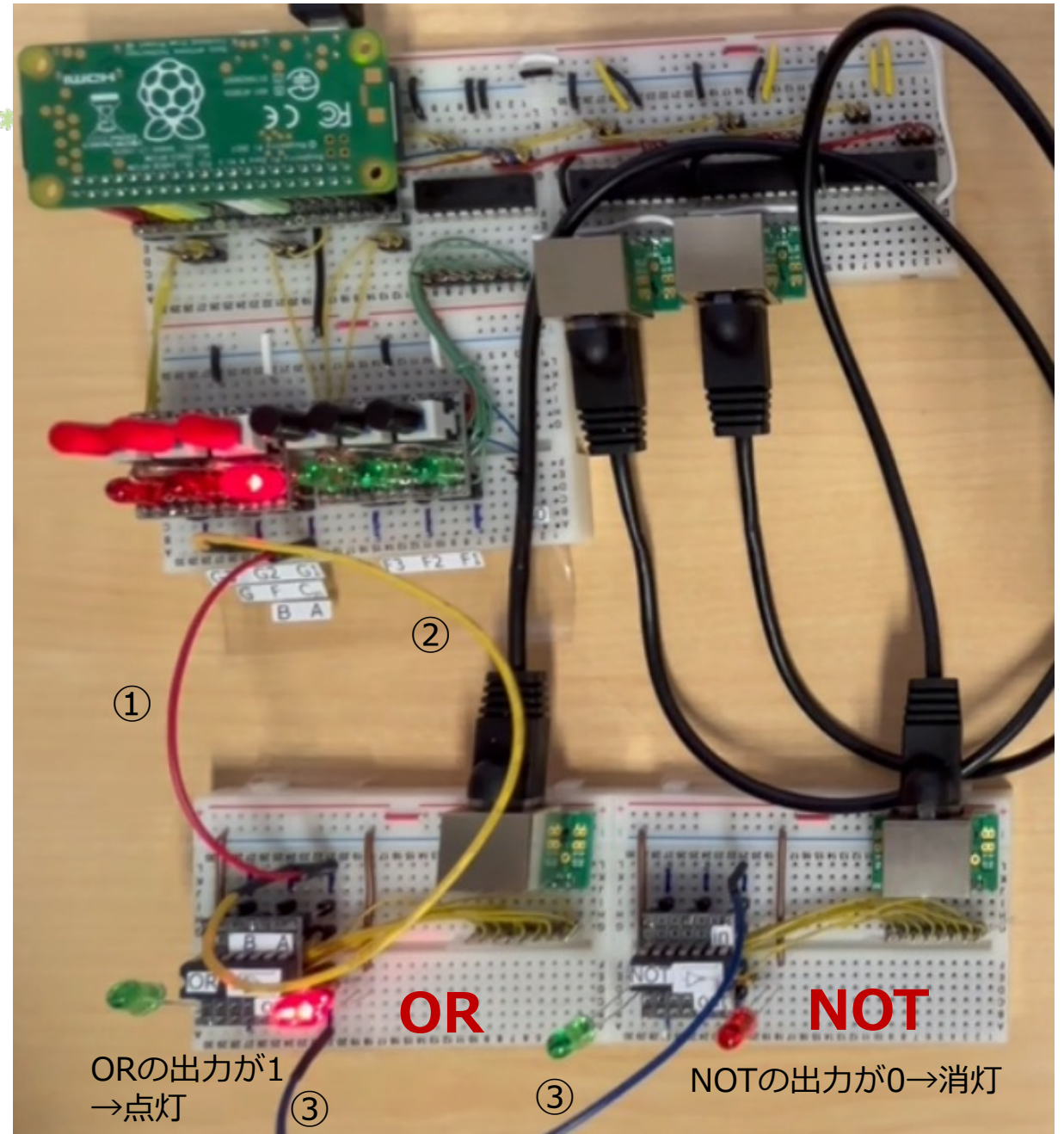


生徒からみたシステムの動き

- ・生徒は回路図を見て①②③をジャンパー線でつなぐ
- ・スイッチ部をON/OFFしてA, Bの0-1を切り替えるとORとNOTの出力LEDが、それに応じて点灯または消灯する

システム内の実際の動き

- ・ジャンパー線によるIC間の接続をマイコンがリアルタイムに監視・回路再現・シミュレーションし、計算結果からLEDを制御



提案システム(配線ガイド)

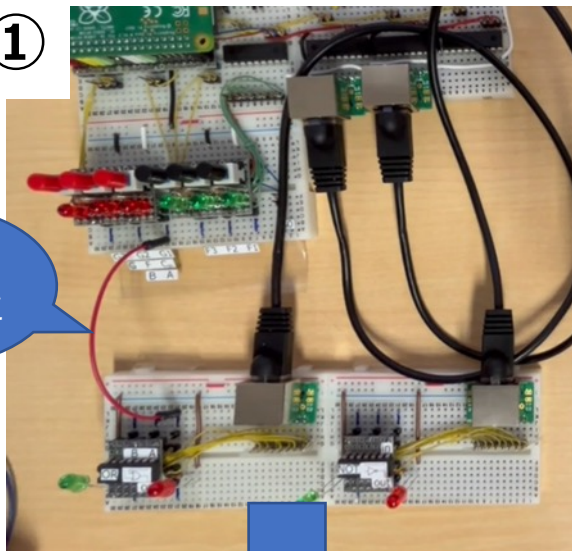
先生の助言なし
で配線できる



配線毎にマイコンが**正解回路と照合**し、結果をWiFiでPC上のブラウザへ送信

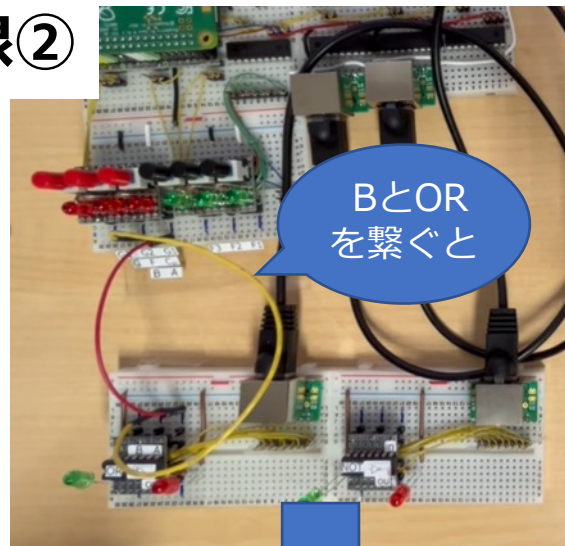
→ 生徒はブラウザを見て**自分の配線の正誤を逐一確認**できる

配線①



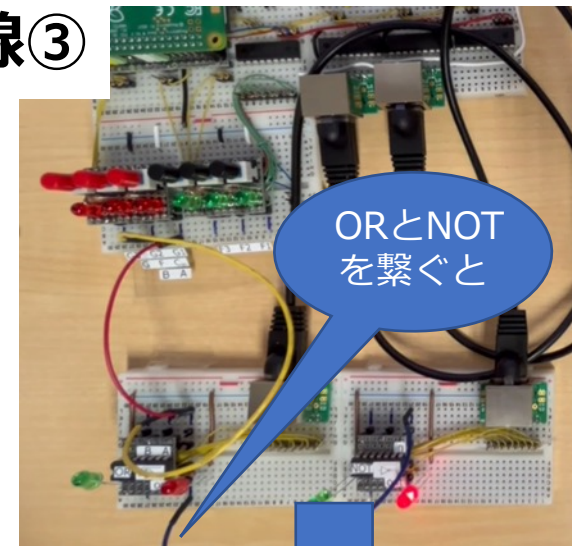
AとOR
を繋ぐと

配線②



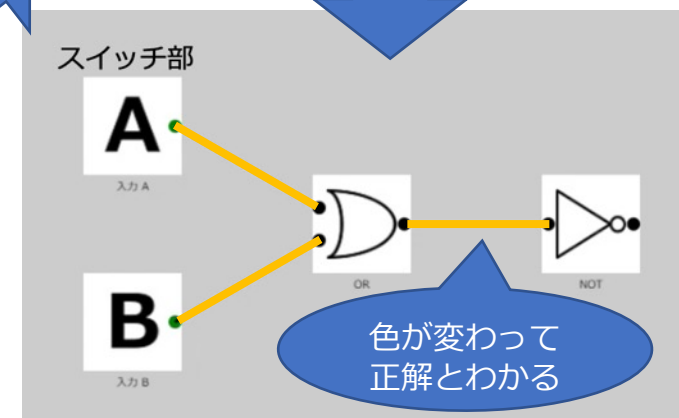
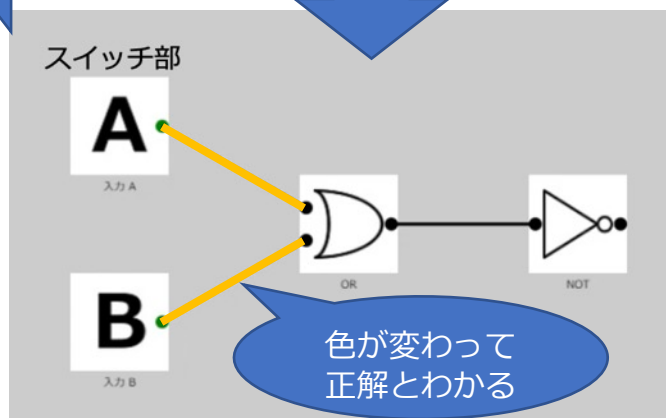
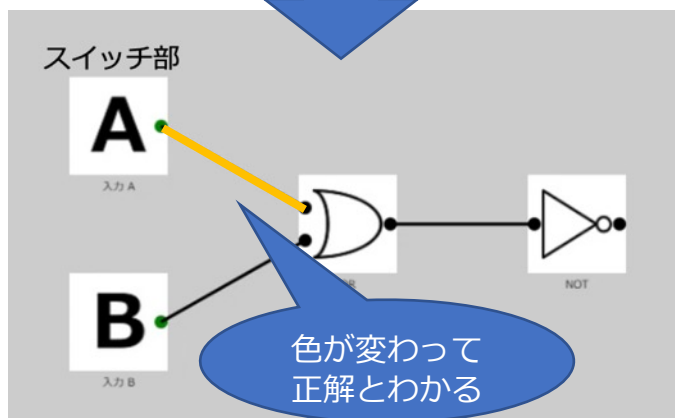
BとOR
を繋ぐと

配線③



ORとNOT
を繋ぐと

配線
ガイド
(ブラウザ画面)



提案システムの仕組み

制御ボードのマイコン（Raspberry Pi zero）のGPIO portはVLEのダミーICの全入出力端子およびスイッチ部の全端子，合計28端子と接続され，後述の方法でこれらの端子間のジャンパー線の有無を監視する。

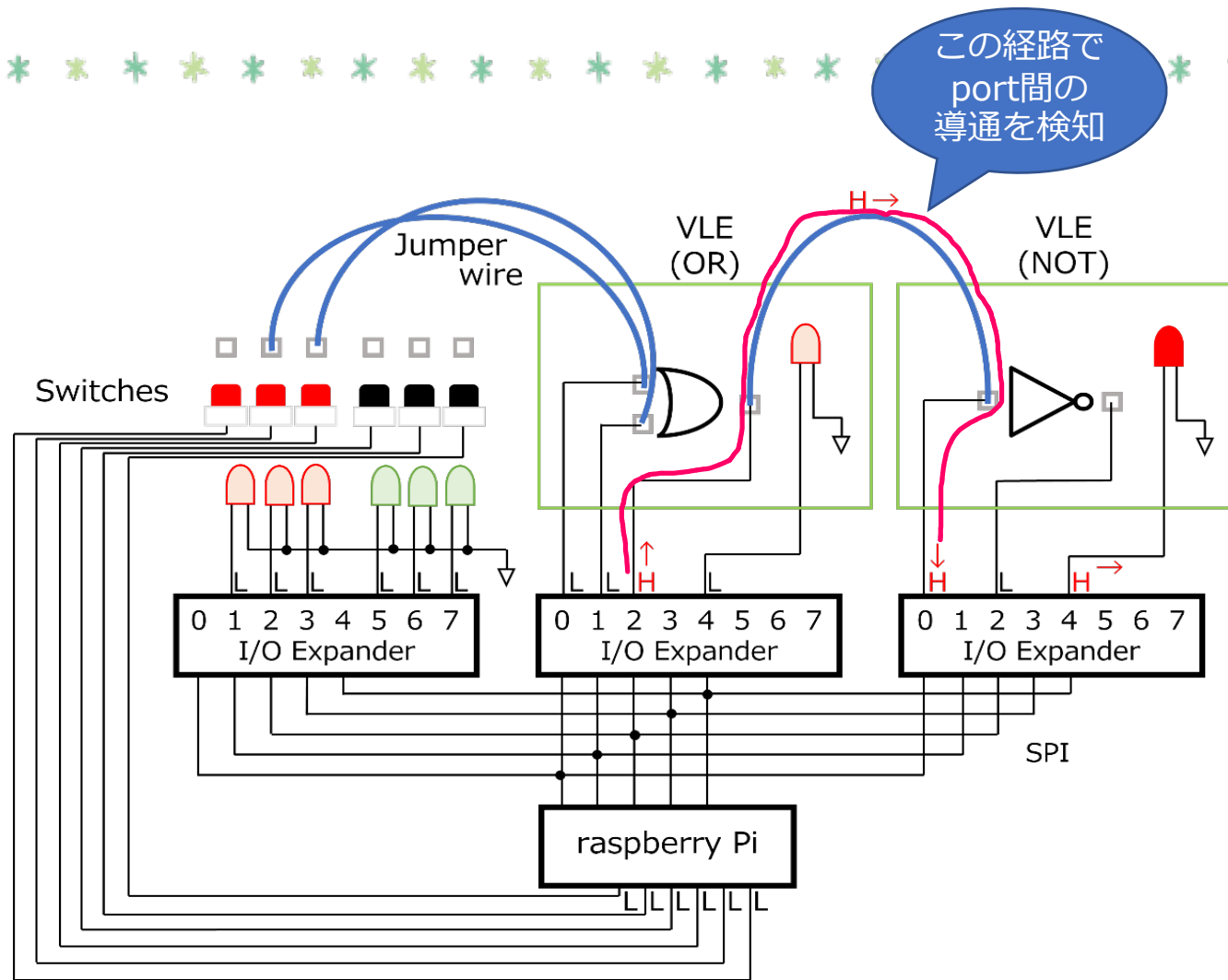
実際はマイコンのGPIOだけでは不足するので，I/Oエキスパンダ(8bit SPI MCP23S08)を使用している。

生徒らの挿すジャンパー線を監視する方法は以下の通りである。マイコンのGPIO portおよびI/OエキスパンダのI/O portはソフトウェアにより適宜inputとoutputを切り替えられる。この機能を利用して導通テストの要領で生徒の接続したジャンパー線を監視する。

まず監視対象の28 portをpull downしておきinputに設定する。この状態である時刻でn番portのみをoutputに設定してHIGHを出力する。このときこのportの先にある端子と別の端子がジャンパー線で接続されると，さらにその先のportにHIGHが伝搬するため，これをマイコンが検知することで端子間がジャンパーされているか検出できる。

HIGHにするportを周期的に切り替えることで全port間の導通チェックが可能となり，生徒らの作成している回路をリアルタイムに検出できる。

マイコンは検出した回路(ネットリスト)を元に回路を再現し，正解回路と照合したり，論理回路シミュレーションを行い，回路各所の論理値を計算し，各VLEのLEDの点灯・消灯を制御する。



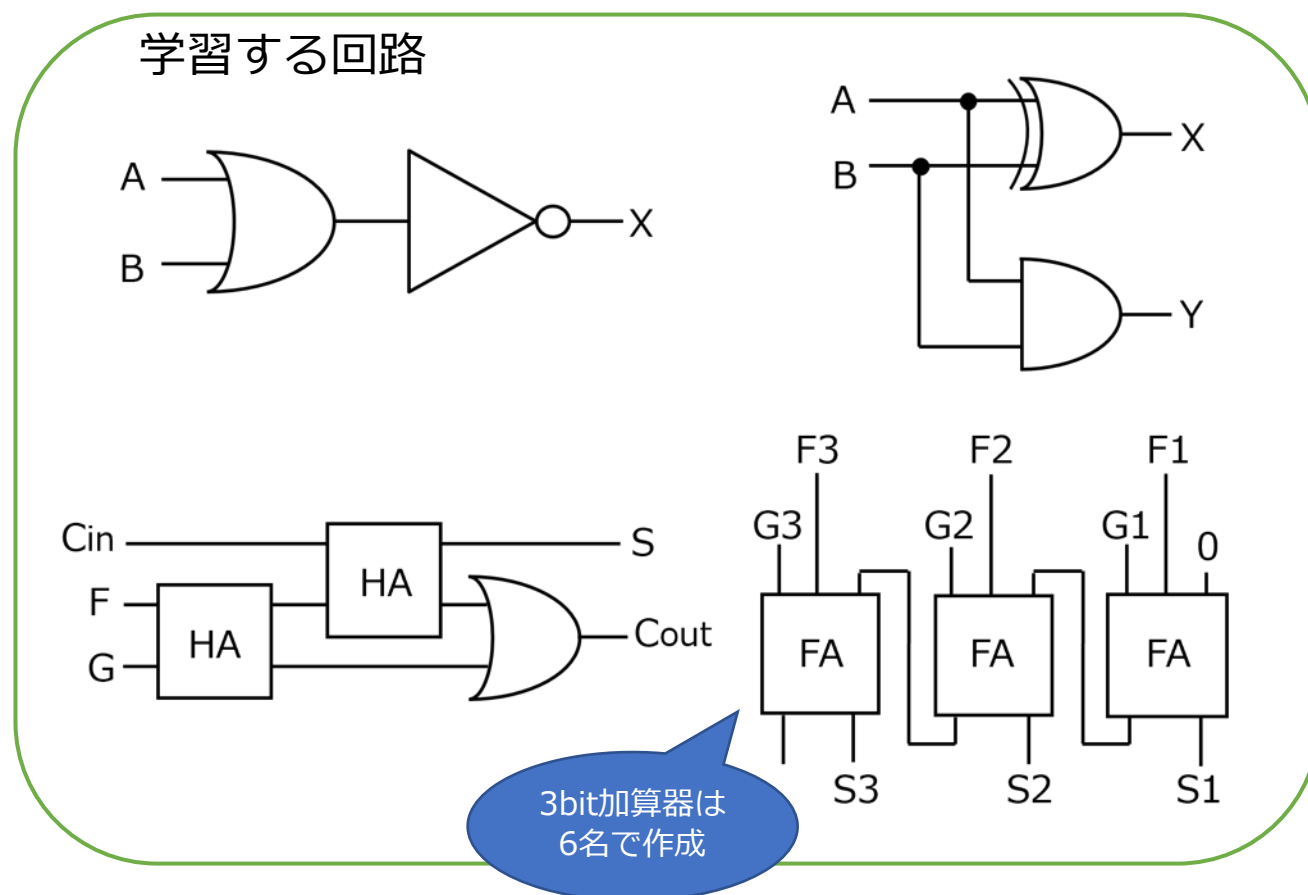
評価実験

実験内容

- プリント, 提案システムを用いた論理回路についての**実験授業**
- 被験者は高校生23名
- 2名1班, 3班1セット

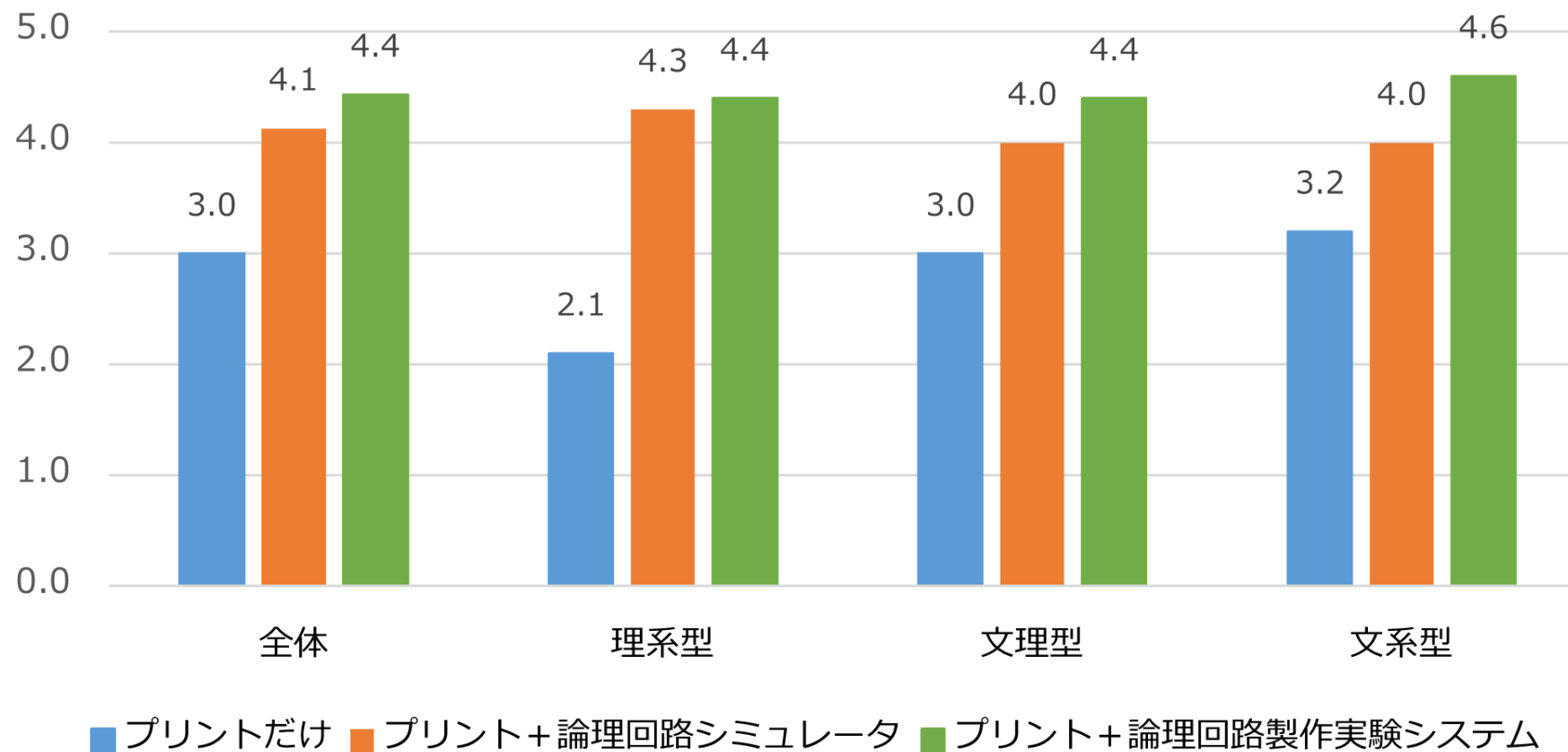
実験手順

1. 論理回路についての解説
2. プリントのみで学習
3. 回路シミュレータで学習
4. 提案する実験システムで学習



アンケート結果（理解度）

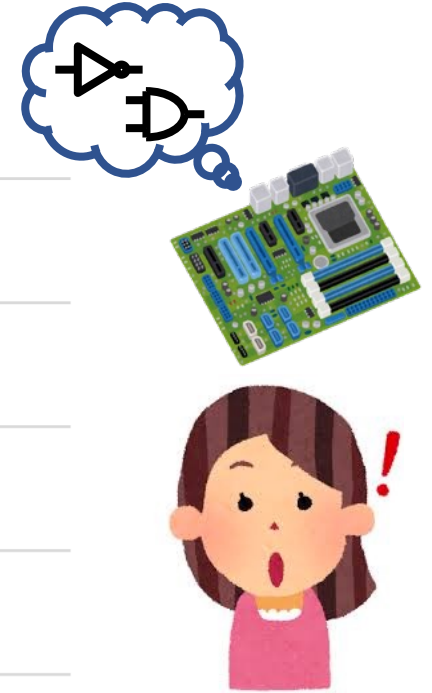
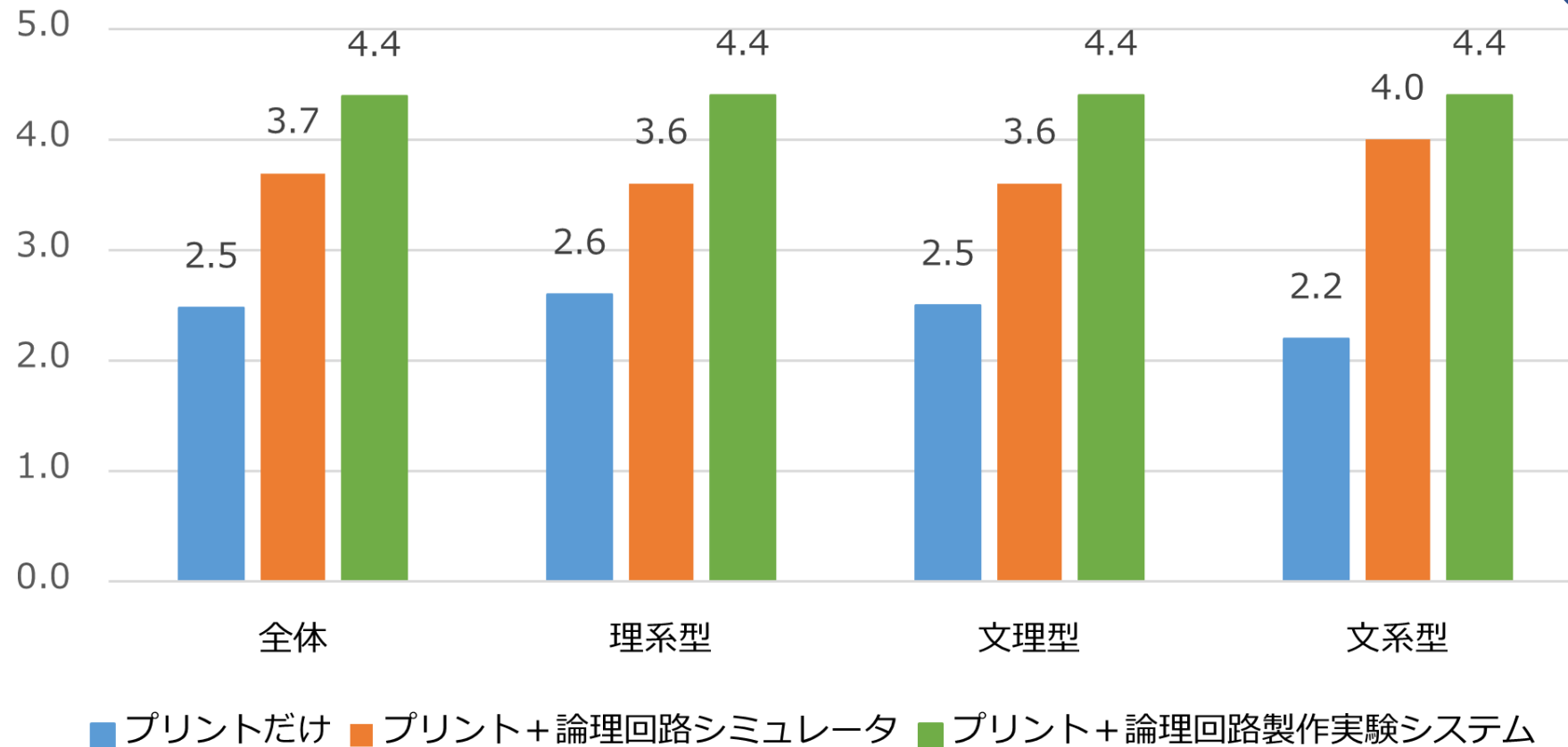
論理回路についての理解度



提案システムは論理回路の理解度を向上させるのに有用

アンケート結果（実感）

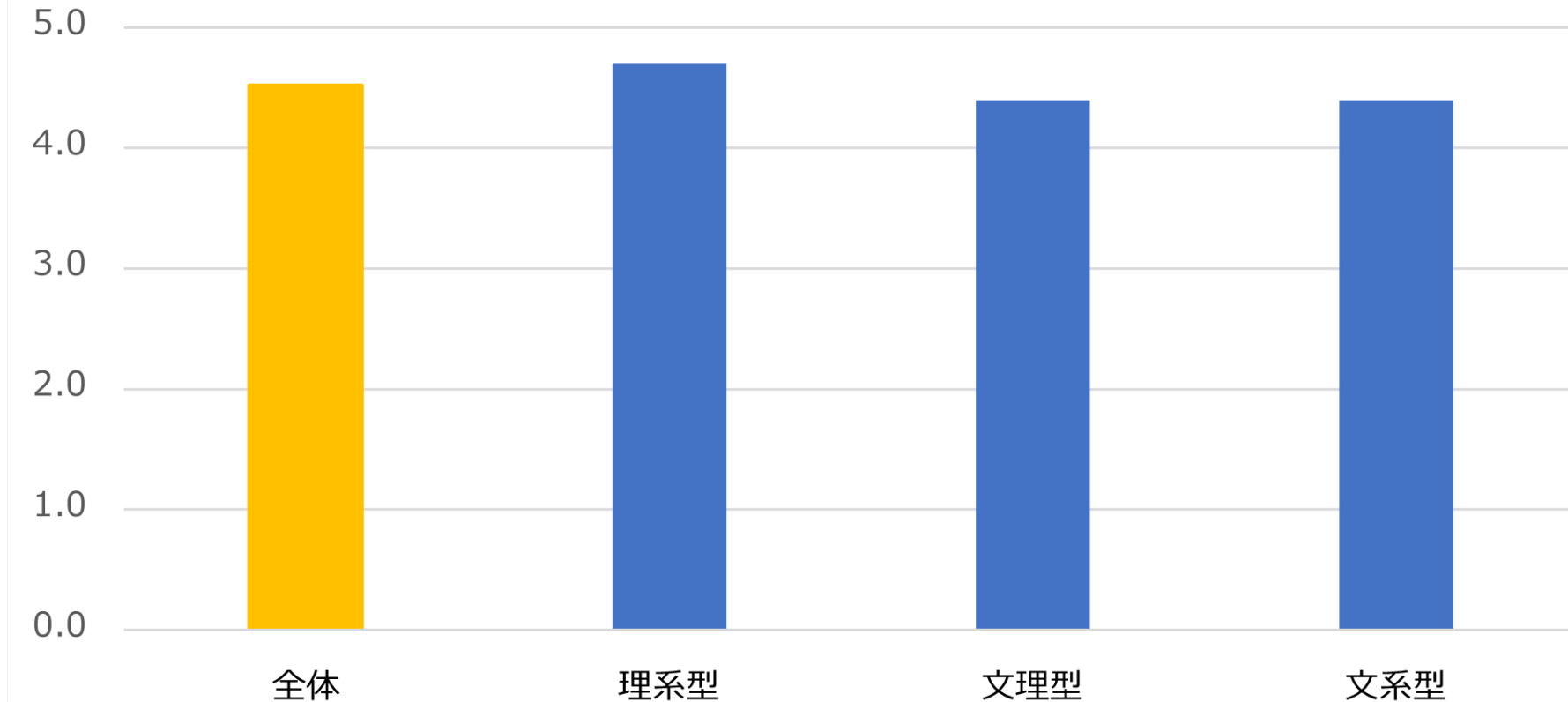
論理回路がコンピュータの内部で使われている実感



提案システムは実感を持つのに有用

アンケート結果（配線ガイド）

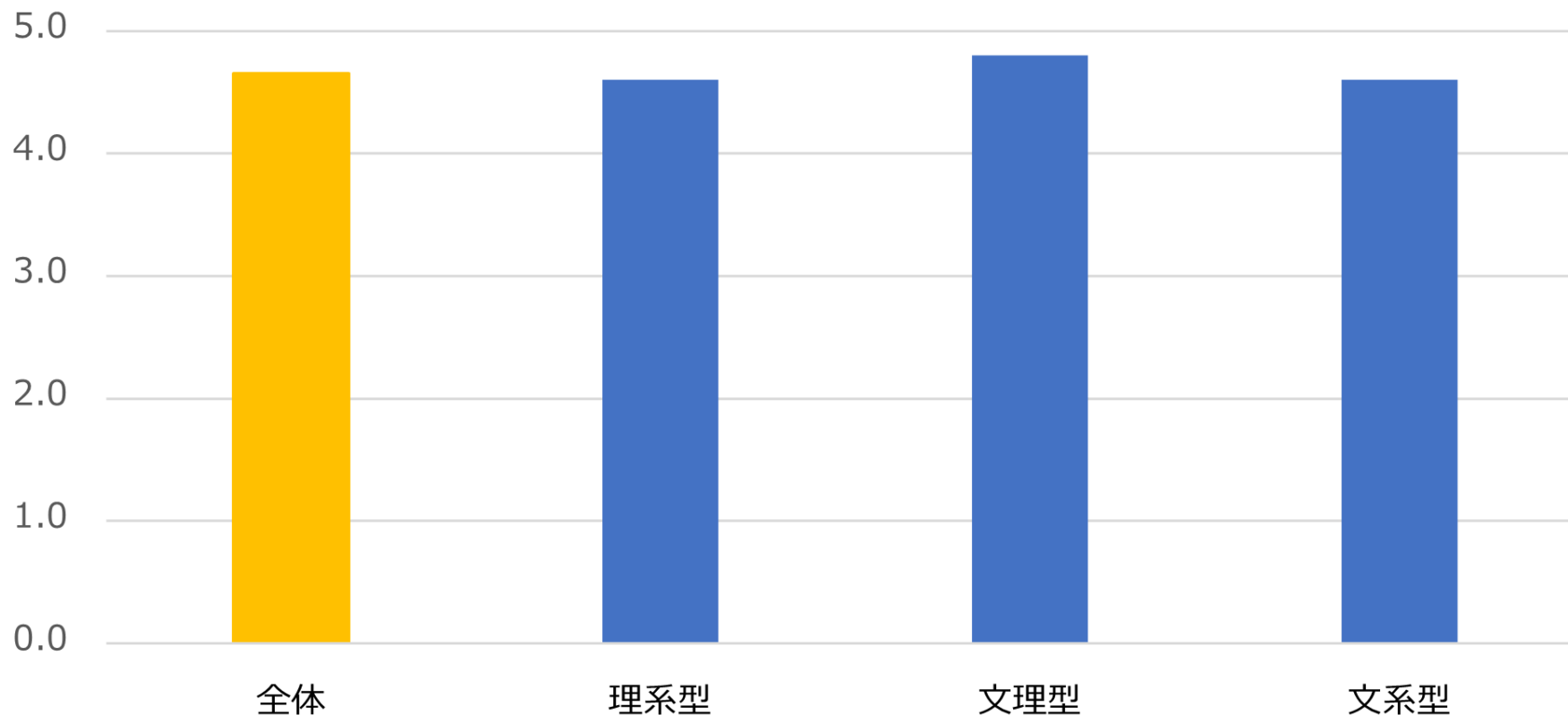
実回路の実験で、配線ガイドは
配線作業に役立ちましたか。



配線ガイドは配線作業に有用

アンケート結果（グループ学習）

加算器の実験のように、みんなで1つのものを作る
実験は、学習の効果を高めると思いませんか。



グループ学習が可能な実験システムが有用

アンケート結果（感想）

- 実際にさわることができたのですごく楽しいイメージが**ついた**。
- プリントだけの学習では少し退屈に感じてしまう。
- 普段できない体験なので**楽しかった**。
- 自分は文系だけど理系分野も楽しそうだなと思った。
- 学校の授業では論理回路についてあまり分からなかったが、今回の実験でどう使われているのかよく理解できた。
- 実際に配線ができたたり、みんなで作業したりして楽しかった。
- 色々な方法で回路の確認をすることでとても**興味が湧いた**。

（一部抜粋）

提案システムは勉強の動機付けにも有用

まとめ(提案システムについて)

実配線体験が可能な回路シミュレータの開発

- ・ 実物を用いた**回路配線体験が可能(実体験に勝る学習なし)**
- ・ 配線ガイドにより**教員負担軽減**
- ・ **論理信号の配線のみ**でOK (電源線不要)
- ・ シミュレータのため**短絡事故なし**
- ・ **グループ学習が可能**



今後の課題

- ・ 教員へのフィードバック
システムの開発

リアルタイム監視中の配線回路を先生PCにフィードバックすれば、机間巡回することなしに生徒の進捗状況を確認できる



まとめ(実験授業について)

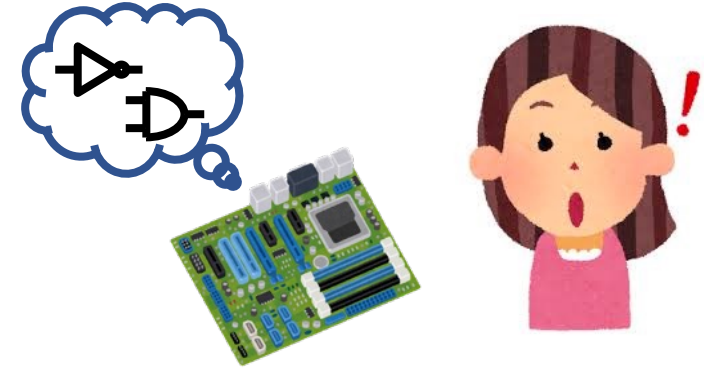
実験授業の評価

- **理解度**：プリント<シミュレータ<実回路
- **実感**：プリント<シミュレータ<実回路
- 効果は文理の区別なし
- 感想：**実際にさわれた。**

みんなでの作業がたのしかった。

今後の課題

- 教員による評価が必要



論理回路がコンピュータ内部で使われてると実感

