

手話の自然言語処理

殷綺婷(Kayo Yin)



Berkeley
NLP



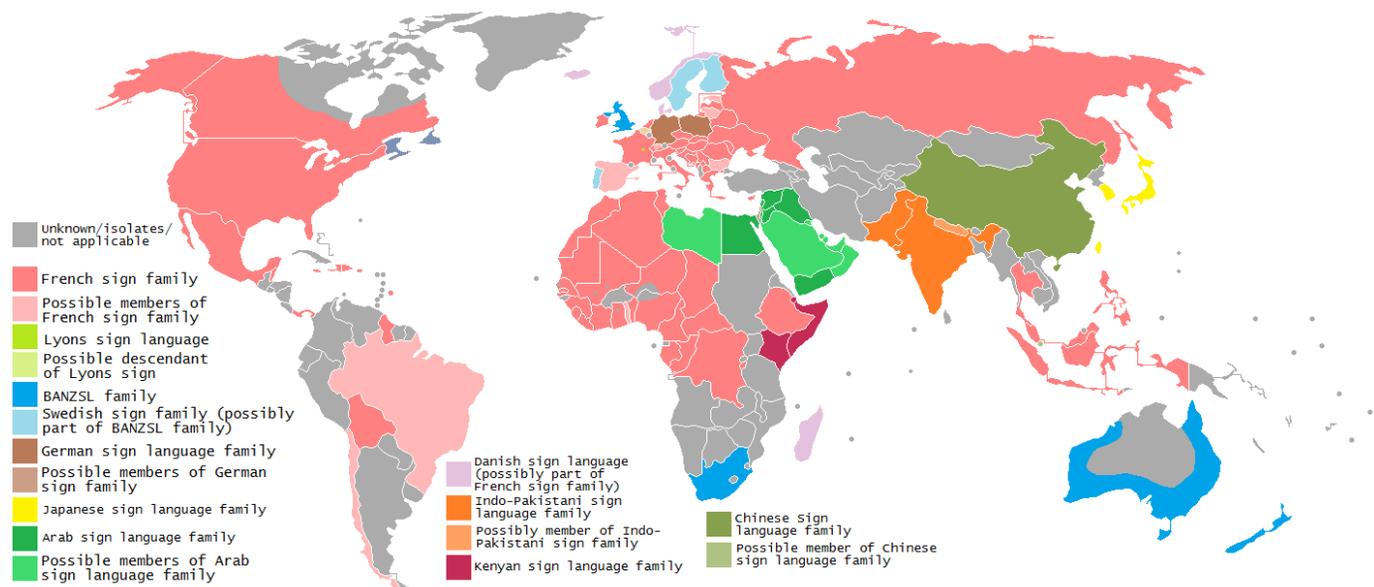
Berkeley AI
Research

手話



- 手話は独立した自然言語

手話



- 手話は独立した自然言語
- 世界共通ではない

手話



- 読話を行っても、発話の30~40%しか読み取れない

手話



- 読話を行っても、発話の30~40%しか読み取れない
- 人工内耳を使っても、うまく聞こえないことが多い

手話

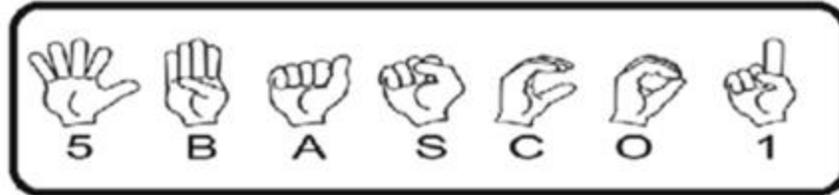


- 読話を行っても、発話の30~40%しか読み取れない
- 人工内耳を使っても、うまく聞こえない事が多い

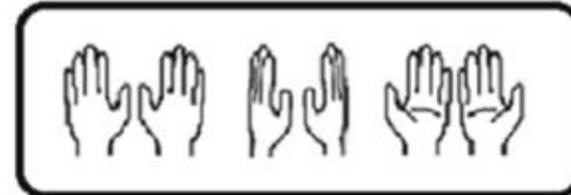
手話はろう文化の基礎

手話の音韻的パラメータ

Handshape



Hand orientation



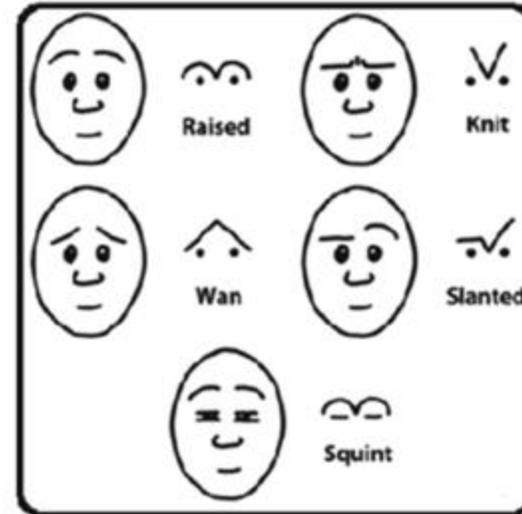
Location



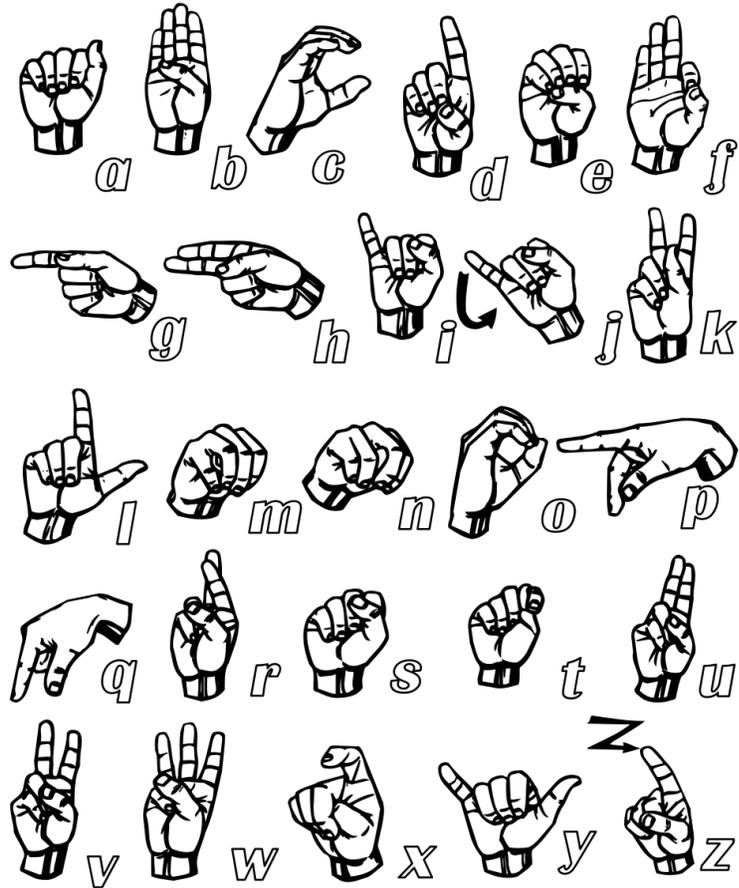
Movement



Non-manual



手話の指文字



AMERICAN SIGN LANGUAGE

- 固有名詞、専門用語などを表現するためによく使用される
- 日常的ASLの～8.7%を占めている

AI × 手話の現状

AI × 手話の現状

- 2021～2023年の間に101本の論文が発表された (Desai et al., 2024)

AI × 手話の現状

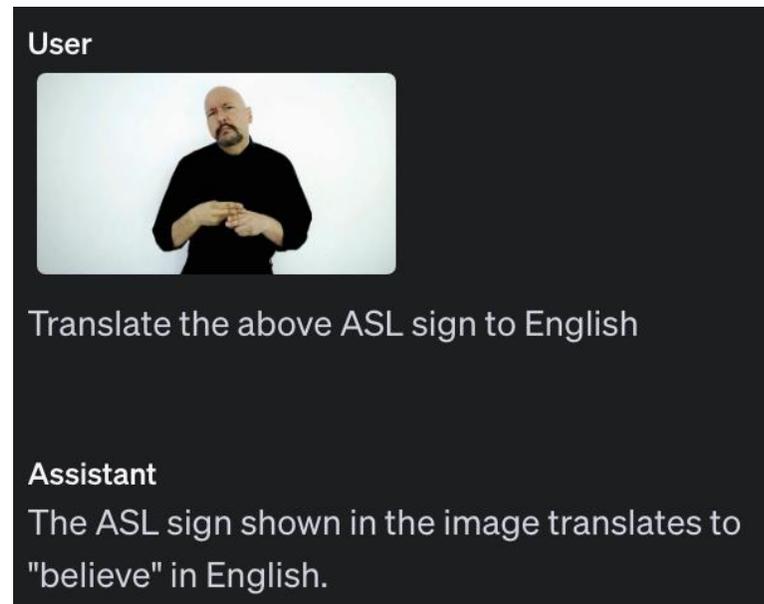
- 2021～2023年の間に101本の論文が発表された (Desai et al., 2024)
 - その大半は手話の通訳に関わる

AI × 手話の現状

- 2021～2023年の間に101本の論文が発表された (Desai et al., 2024)
 - その大半は手話の通訳に関わる
 - 実際の利用にはまだ遠い



SignLLM



GPT-4o

AI × 手話の現状

- 2021～2023年の間に101本の論文が発表された (Desai et al., 2024)
 - その大半は手話の通訳に関わる
 - 実際の利用にはまだ遠い
- ～40の公開データセット

AI × 手話の現状

- 2021～2023年の間に101本の論文が発表された (Desai et al., 2024)
 - その大半は手話の通訳に関わる
 - 実際の利用にはまだ遠い
- ～40の公開データセット
 - トレーニングデータと対象ユーザーのギャップ



BOBSL dataset
(Albanie et al., 2021)

ろう者の参加が必要



Wearable-tech glove translates sign language into speech in real time

The device is inexpensive, flexible and highly durable, UCLA bioengineers say

Matthew Chin

June 29, 2020

April 12, 2016

UW undergraduate team wins \$10,000 Lemelson-MIT Student Prize for gloves that translate sign language

Hand-ear co-ordination: Interactive glove translates sign language into speech

Infinity Glove, a Lebanon-based start-up, seeks to help translate sign-language into speech by using a high tech glove solution. Cody Combs / The National



Cody Combs

Feb 21, 2024



Listen In English



Listen in Ar

Powered by automated trans

ろう者の参加が必要

Why Sign-Language Gloves Don't Help Deaf People

Wearable technologies that claim to translate ASL overlook the intricacies of the language, as well as the needs of signers.

By Michael Erard



Sign Language Translating Devices Are Cool. But Are They Useful?



Emily Matchar

Innovation Correspondent

February 26, 2019

News & Views | Published: 15 July 2020

WEARABLE TECHNOLOGY

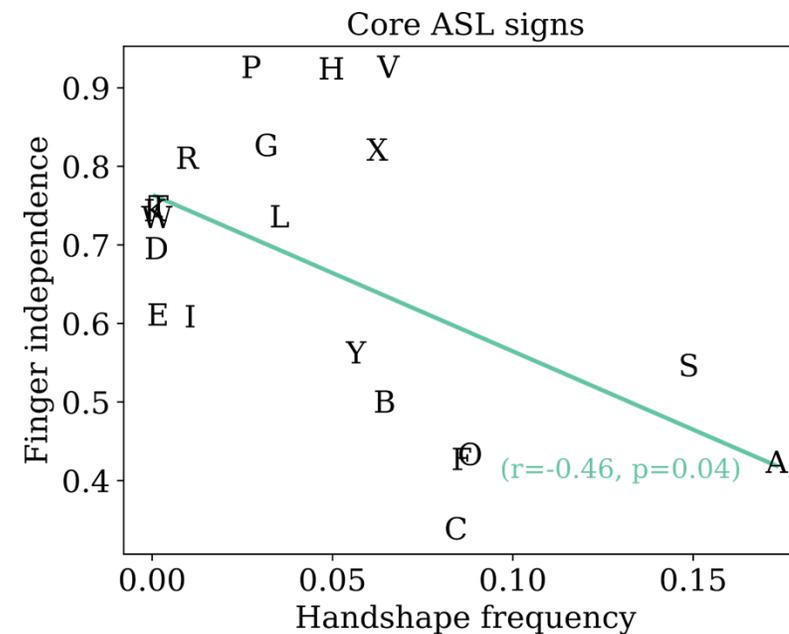
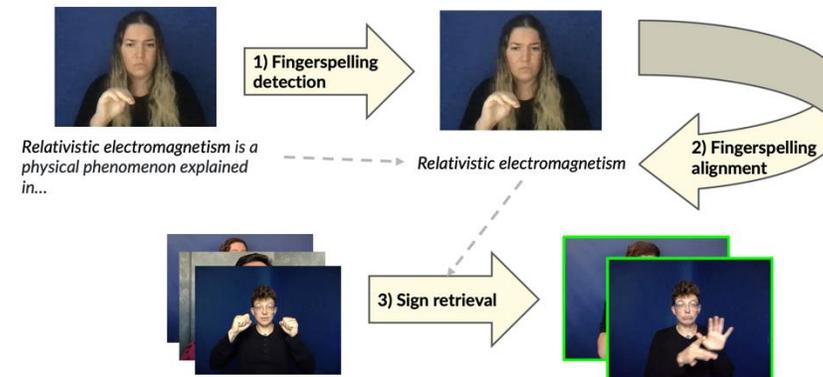
Do deaf communities actually want sign language gloves?

[Joseph Hill](#) 

私の研究

- 聴覚障害者の学生をサポートするAI
- NLPを使って手話言語理論を検証

Automatic sign suggestion



ASL STEM Wiki

Dataset and Benchmark for Interpreting STEM Articles



Kayo
Yin



Chinmay
Singh



Hal
Daumé
III



Cyril
Zhang



Alex
Lu



Danielle
Bragg

聴覚障害者学生におけるSTEM教育の障壁

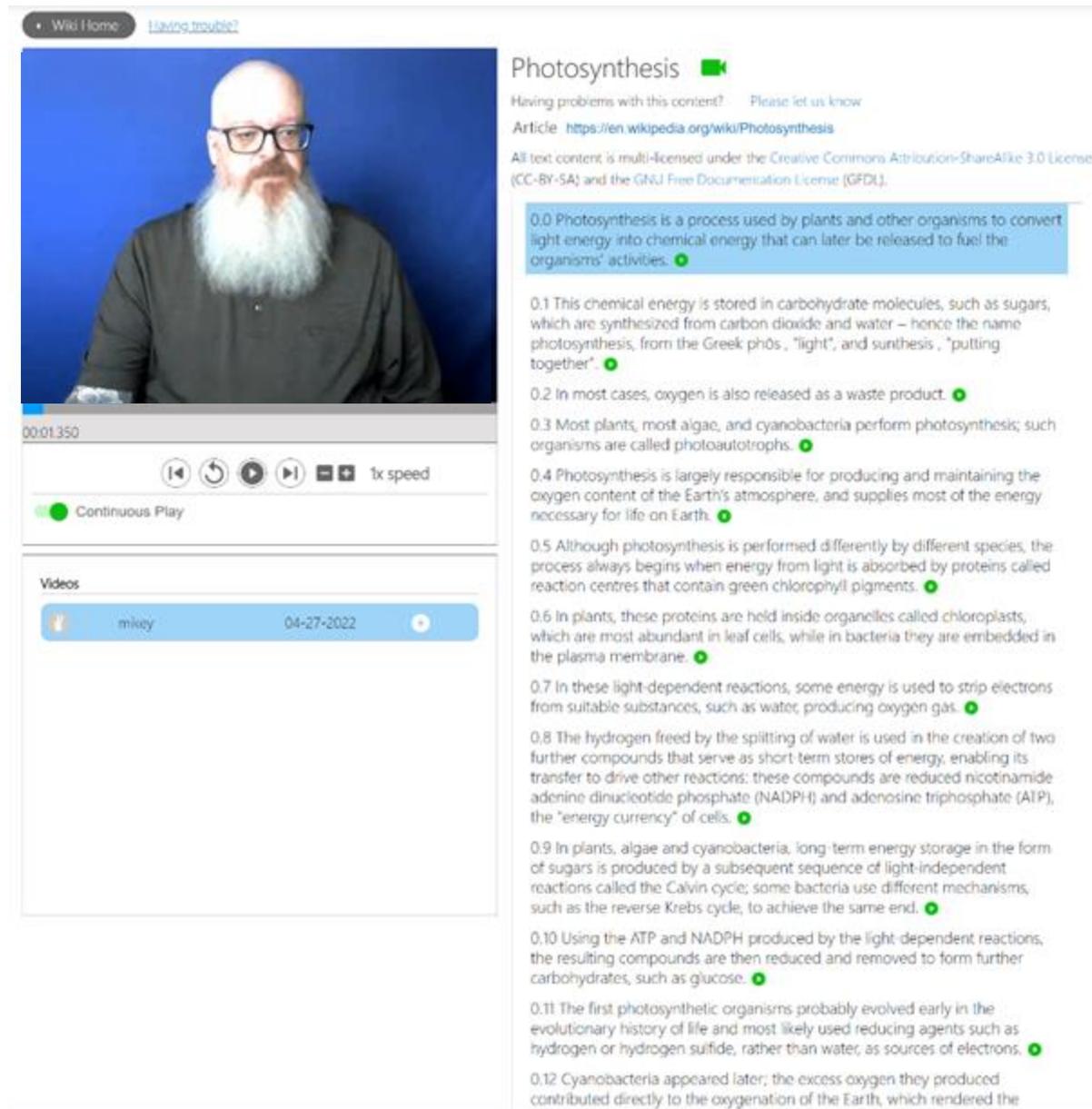
- ASLのSTEM材料は少ない

聴覚障害者学生におけるSTEM教育の障壁

- ASLのSTEM材料は少ない
- 専門用語のASL単語が足りない

ASL STEM Wiki

- 254のウィキペディア記事
- 科学、技術、数学、医学、
地理
- 300時間以上のASLビデオ
- 37人のASL通訳者



Wiki Home [Having trouble?](#)

Photosynthesis 

Having problems with this content? [Please let us know](#)

Article <https://en.wikipedia.org/wiki/Photosynthesis>

All text content is multi-licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 License (CC-BY-SA) and the GNU Free Documentation License (GFDL).

0.0 Photosynthesis is a process used by plants and other organisms to convert light energy into chemical energy that can later be released to fuel the organisms' activities. 

0.1 This chemical energy is stored in carbohydrate molecules, such as sugars, which are synthesized from carbon dioxide and water – hence the name photosynthesis, from the Greek *phōs*, "light", and *synthesis*, "putting together". 

0.2 In most cases, oxygen is also released as a waste product. 

0.3 Most plants, most algae, and cyanobacteria perform photosynthesis; such organisms are called photoautotrophs. 

0.4 Photosynthesis is largely responsible for producing and maintaining the oxygen content of the Earth's atmosphere, and supplies most of the energy necessary for life on Earth. 

0.5 Although photosynthesis is performed differently by different species, the process always begins when energy from light is absorbed by proteins called reaction centres that contain green chlorophyll pigments. 

0.6 In plants, these proteins are held inside organelles called chloroplasts, which are most abundant in leaf cells, while in bacteria they are embedded in the plasma membrane. 

0.7 In these light-dependent reactions, some energy is used to strip electrons from suitable substances, such as water, producing oxygen gas. 

0.8 The hydrogen freed by the splitting of water is used in the creation of two further compounds that serve as short-term stores of energy, enabling its transfer to drive other reactions: these compounds are reduced nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADPH) and adenosine triphosphate (ATP), the "energy currency" of cells. 

0.9 In plants, algae and cyanobacteria, long-term energy storage in the form of sugars is produced by a subsequent sequence of light-independent reactions called the Calvin cycle; some bacteria use different mechanisms, such as the reverse Krebs cycle, to achieve the same end. 

0.10 Using the ATP and NADPH produced by the light-dependent reactions, the resulting compounds are then reduced and removed to form further carbohydrates, such as glucose. 

0.11 The first photosynthetic organisms probably evolved early in the evolutionary history of life and most likely used reducing agents such as hydrogen or hydrogen sulfide, rather than water, as sources of electrons. 

0.12 Cyanobacteria appeared later; the excess oxygen they produced contributed directly to the oxygenation of the Earth, which rendered the

STEM記事の通訳は難しい

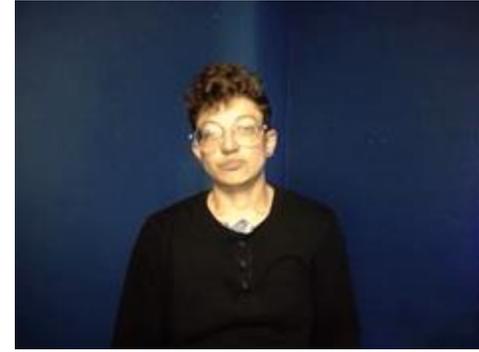
- ASLの手話の代わりに指文字を使う



*“relativistic
electromagnetism”*

STEM記事の通訳は難しい

- ASLの手話の代わりに指文字を使う
- 専門的な手話が一貫していない



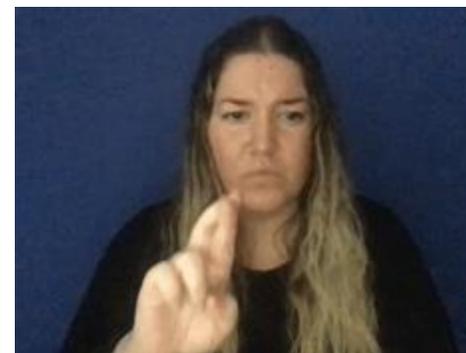
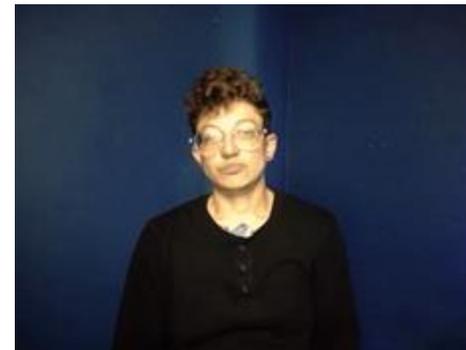
*“relativistic
electromagnetism”*

STEM記事の通訳は難しい

- ASLの手話の代わりに指文字を使う

- 専門 “[Deaf] students prefer that terms either be signed in ASL, or signed and fingerspelled, as opposed to just fingerspelled.”

Development of American Sign Language Guidelines for K-12 Academic Assessments



*“relativistic
electromagnetism”*

自動手話提案 (automatic sign suggestion)



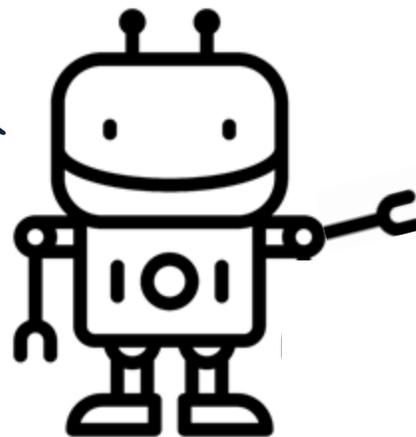
User

自動手話提案 (automatic sign suggestion)



User

こちらは“relativistic
electromagnetism”
を表すASL単語です



自動手話提案



*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*

自動手話提案



*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*

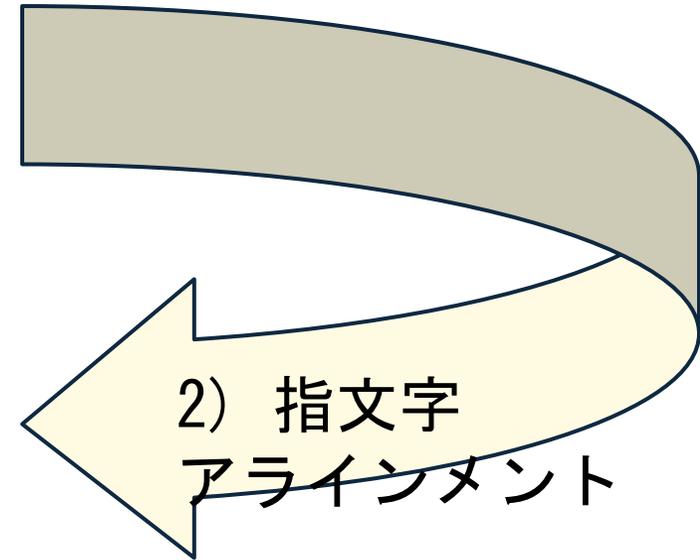
自動手話提案



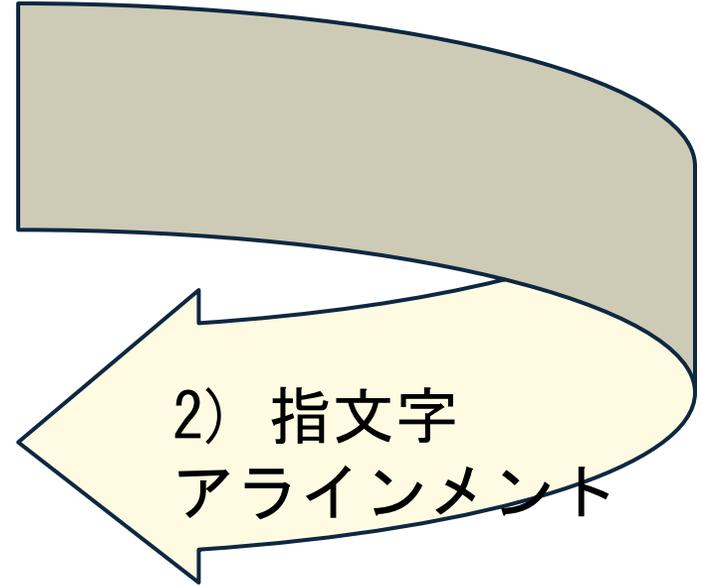
*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*



*Relativistic
electromagnetism*



自動手話提案



*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*

*Relativistic
electromagnetism*

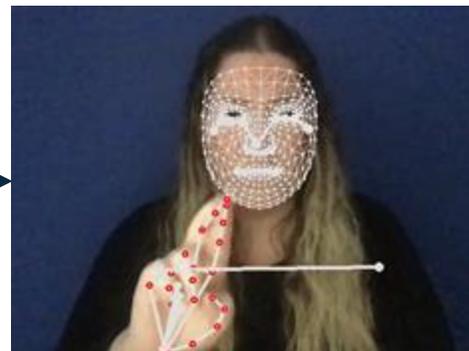


指文字検出 & アライメント



*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*

指文字検出 & アライメント

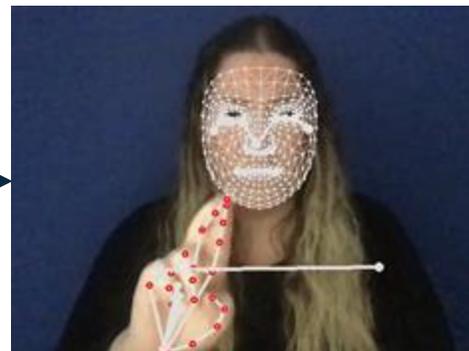


*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*

指文字検出 & アライメント



MediaPipe



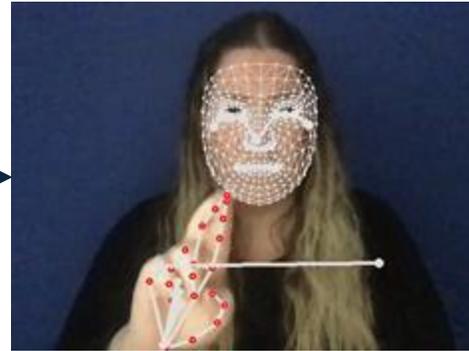
GCN
+
Transformer

*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*

指文字検出 & アライメント

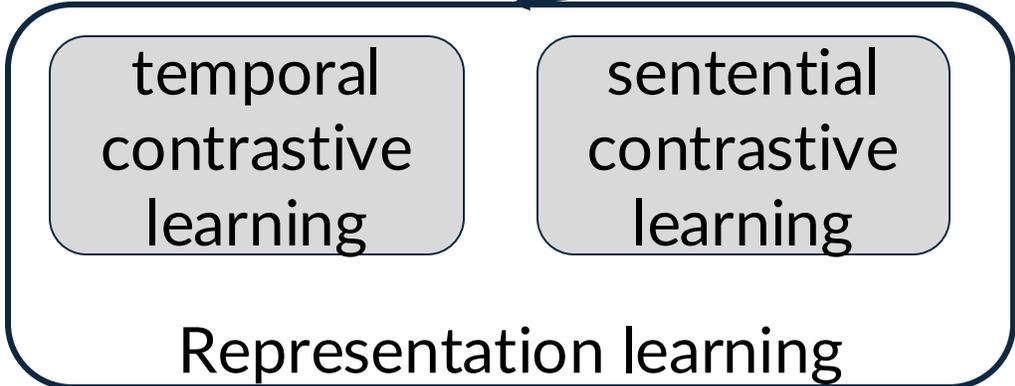


MediaPipe

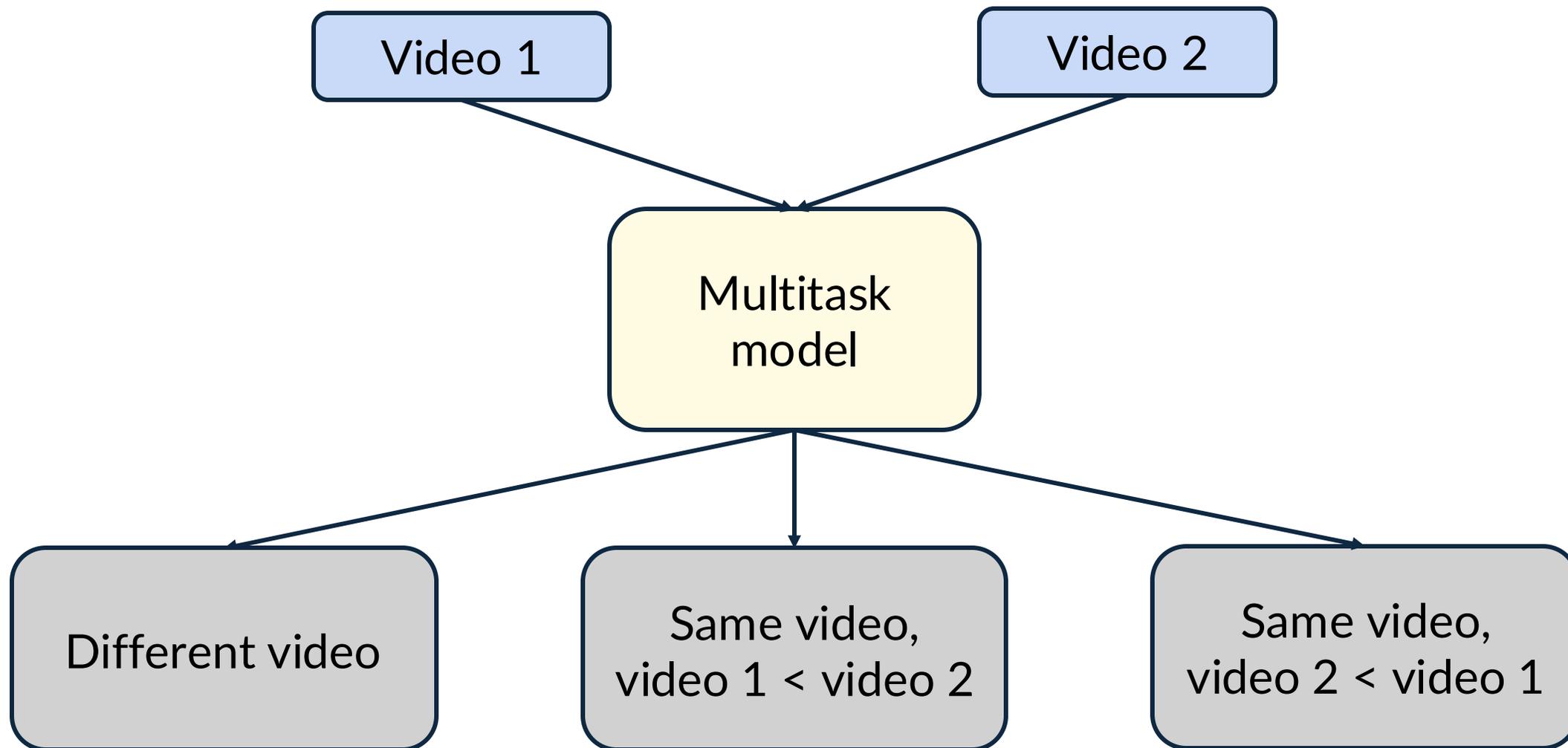


GCN
+
Transformer

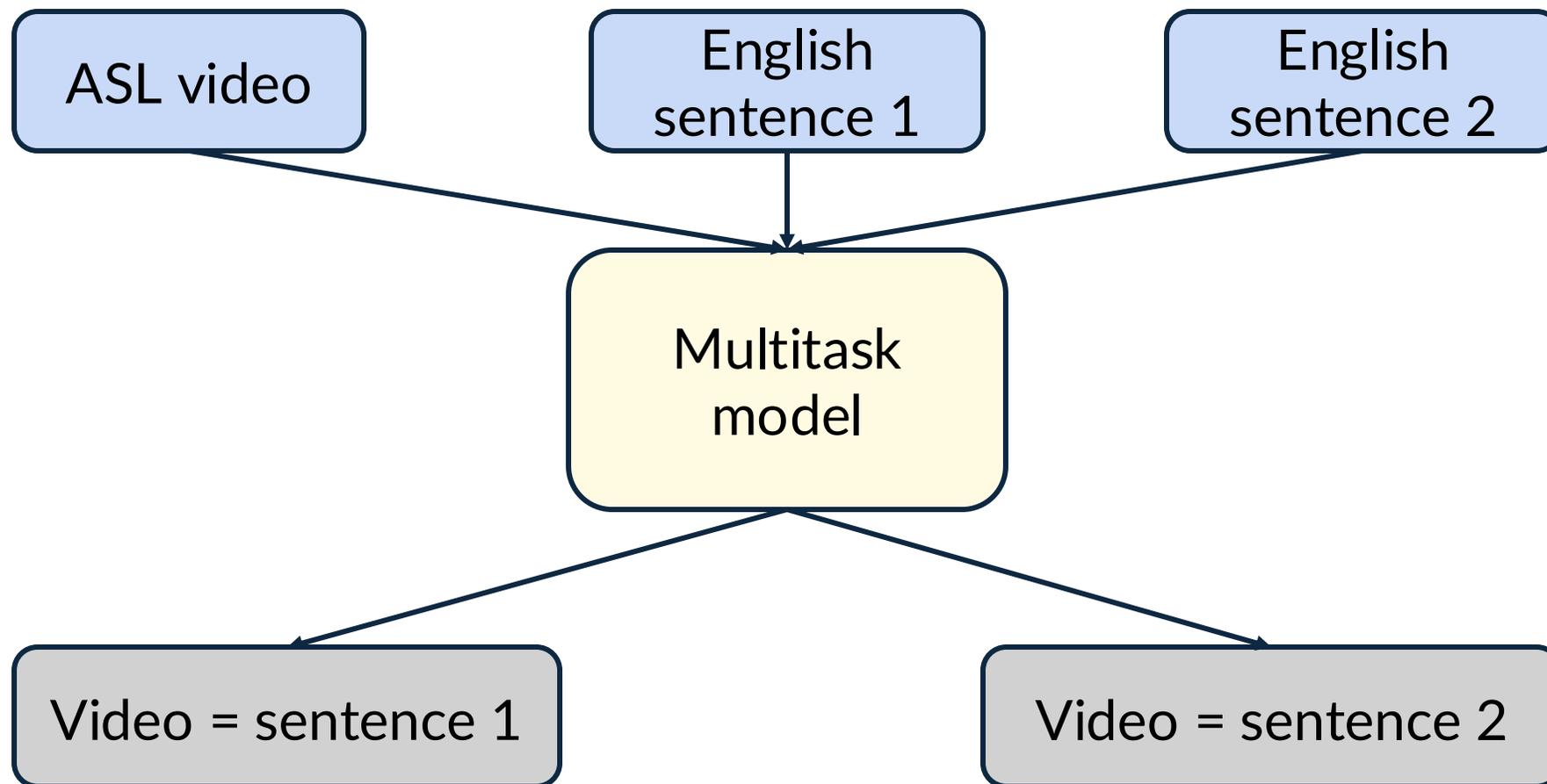
*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*



Temporal contrastive learning



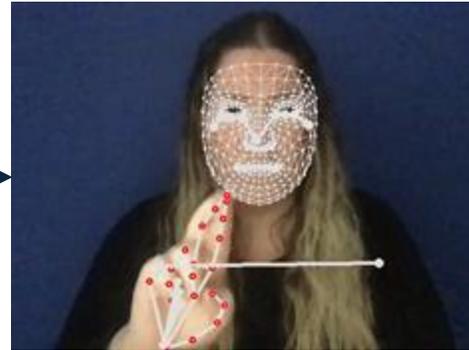
Sentential contrastive learning



指文字検出 & アライメント



MediaPipe



GCN
+
Transformer

*Relativistic
electromagnetism is a
physical phenomenon
explained in...*

temporal contrastive learning sentential contrastive learning

Representation learning

指文字検出 指文字アライメント

Fine-tuning (~500 samples)

結果

		Our Model	
	Random	w/o PT	w/ PT
Detection	0.06	0.19	0.28
Alignment	0.06	0.13	0.22

概要

- 聴覚障害の学生をサポートするために、STEM記事のASL翻訳の収集
- AIを使ってASL翻訳の質を向上させる新しいチャレンジの提案
- ベースラインモデルを訓練し、contrastive learning が手話のAI訓練に役立つことを示した

Pressures for Communicative Efficiency in American Sign Language



Kayo
Yin



Terry
Regier



Dan
Klein

Communicative efficiency theory

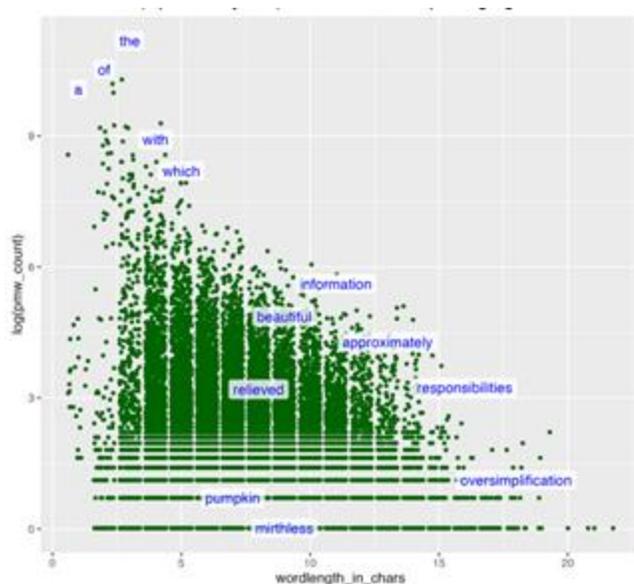
- 人々が目標を達成するために最小限の努力やエネルギーを費やす傾向がある (Principal of Least Effort)

Communicative efficiency theory

- 人々が目標を達成するために最小限の努力やエネルギーを費やす傾向がある (Principal of Least Effort)
- 言語も、送信者と受信者がコミュニケーションするための努力を最小限になるように変化する

Communicative efficiency theory

- 言語も、送信者と受信者がコミュニケーションするための努力を最小限になるように変化する

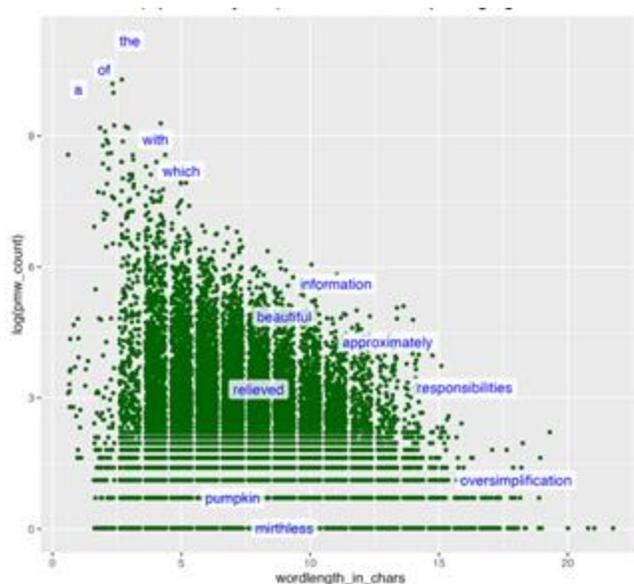


使用頻度が高い単語は短い

(Zipf, 1935)

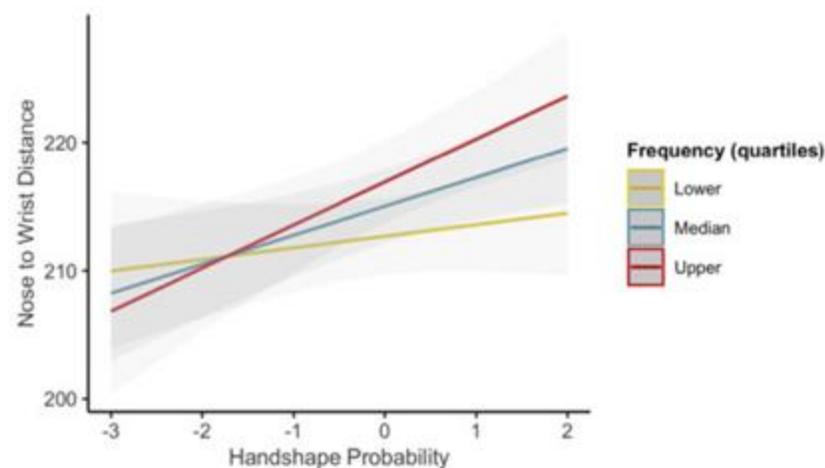
Communicative efficiency theory

- 言語も、送信者と受信者がコミュニケーションするための努力を最小限になるように変化する



使用頻度が高い単語は短い

(Zipf, 1935)

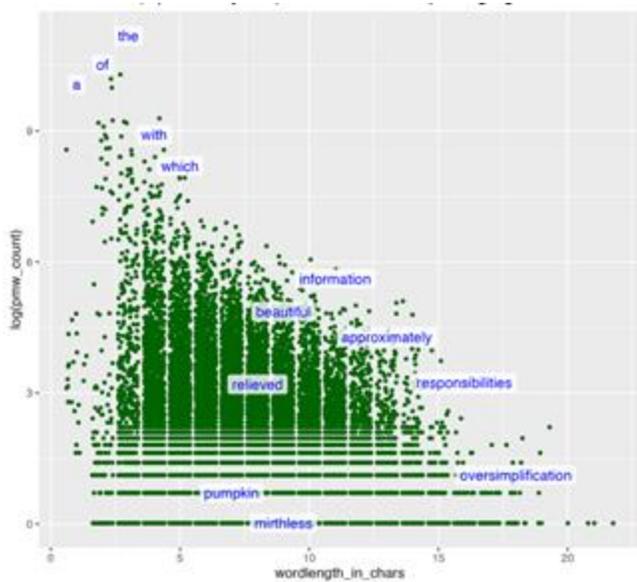


使用頻度が低い手話は顔に近い

(Caselli et al., 2022)

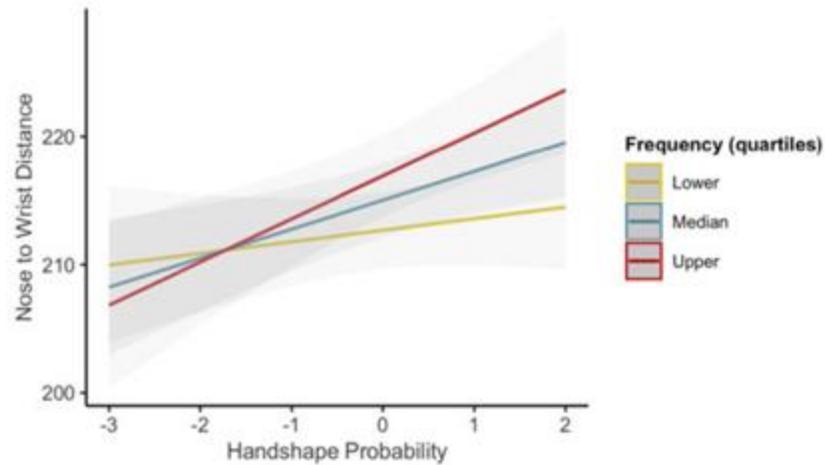
問題設定

- ASLの手形におけるcommunicative efficiencyを研究



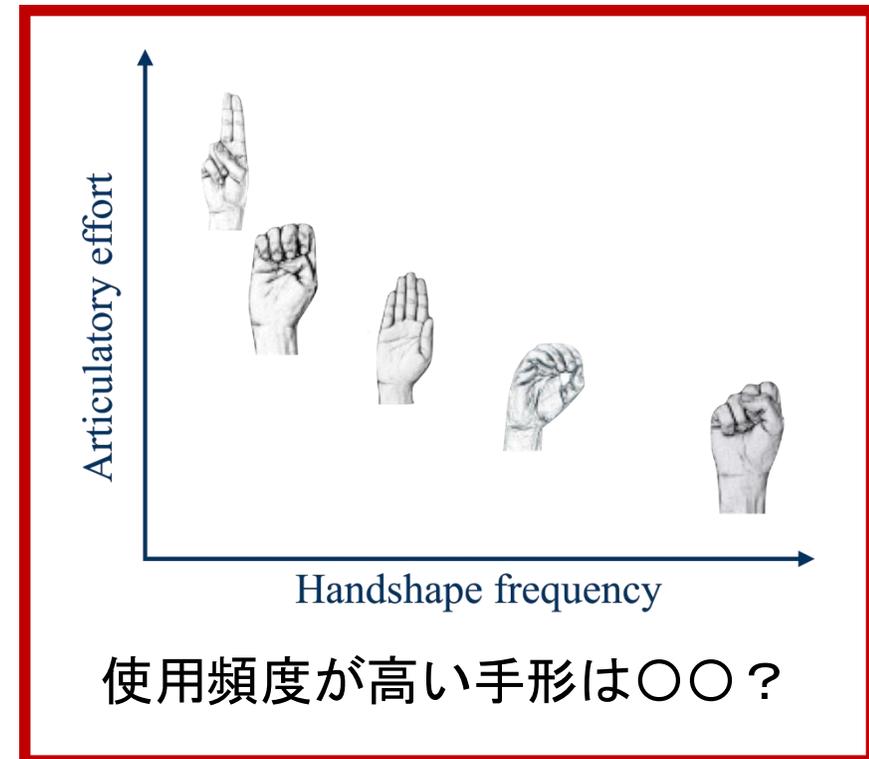
使用頻度が高い単語は短い

(Zipf, 1935)



使用頻度が低い手話は顔に近い

(Caselli et al., 2022)



使用頻度が高い手形は〇〇？

問題設定

- ASLの手形におけるcommunicative efficiencyを研究
- ASLのネイティブなサインと外来のサインの両方を調査



指文字



借用語



Initialized signs

問題設定

問 1 ASLの手形におけるcommunicative efficiencyの証拠はあるのか？

問題設定

問1 ASLの手形におけるcommunicative efficiencyの証拠はあるのか？

問2 Communicative efficiencyは主にネイティブなサインに見られるのか、それとも英語に由来するサインにもあるのか？

問題設定

問1 ASLの手形におけるcommunicative efficiencyの証拠はあるのか？

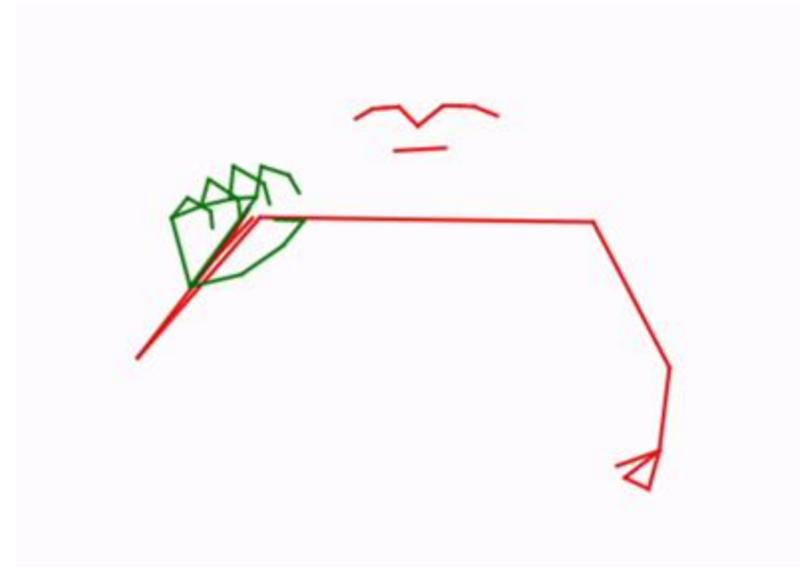
問2 Communicative efficiencyは主にネイティブなサインに見られるのか、それとも英語に由来するサインにもあるのか？

→ 手形の使用頻度とその手形を形成するための努力を比較

データ

ASL Fingerspelling Recognition Corpus

- ASL指文字ポーズビデオから1,062の手形を収集した



データ

ASL Fingerspelling Recognition Corpus

- ASL指文字ビデオから1,062の手形を収集した

ASL-LEX (Caselli et al.,2017)

- 手形のカテゴリ、サインの頻度、サインがネイティブか外来かを含む

ASL単語のデータベース



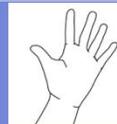
Alternate English Translations:

cheese, dairy, food

About the sign:

Entry ID	cheese
English Word Frequency	3.299
Frequency	5.63
Deaf Signer Iconicity	1.55
Initialized Sign	0
Fingerspelled Loan Sign	0
Compound	0
Number Of Morphemes	1

Handshape Image



努力メトリクス

調音努力

努力メトリクス

調音努力

- 指の独立 (finger independence) $FI(\text{hand}) = \sum_{\mathcal{J}} \sum_{\alpha, \alpha' \in \mathcal{J} | \alpha \neq \alpha'} D(\alpha, \alpha') / N$

努力メトリクス

調音努力

- 指の独立 (finger independence)

Low finger independence
(Low **articulatory** effort)



High finger independence
(High **articulatory** effort)



努力メトリクス

$$D(\alpha, \beta) = |\alpha - \beta| \bmod 2\pi$$

二つの関節角度間の距離

調音努力

- 指の独立 (finger independence) $FI(\text{hand}) = \sum_{\mathcal{J}} \sum_{\alpha, \alpha' \in \mathcal{J} | \alpha \neq \alpha'} D(\alpha, \alpha') / N$

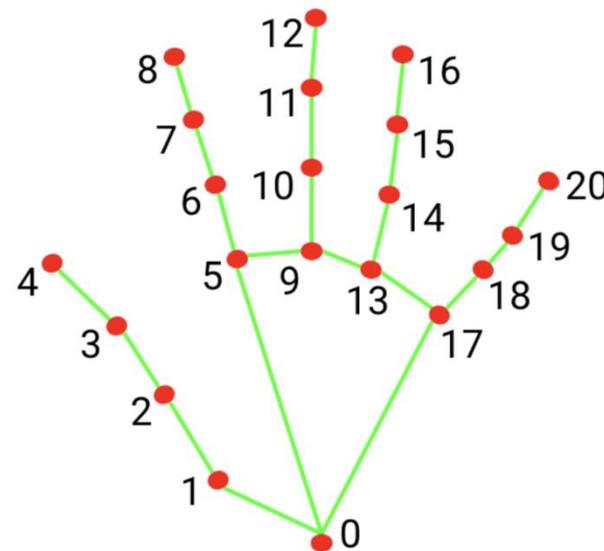
努力メトリクス

$$D(\alpha, \beta) = |\alpha - \beta| \bmod 2\pi$$

二つの関節角度間の距離

調音努力

- 指の独立 (finger independence) $FI(\text{hand}) = \sum_{\mathcal{J}} \sum_{\alpha, \alpha' \in \mathcal{J} | \alpha \neq \alpha'} D(\alpha, \alpha') / N$



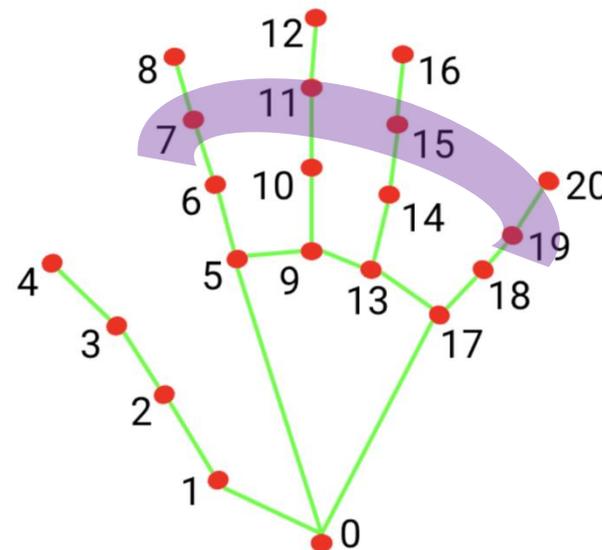
努力メトリクス

$$D(\alpha, \beta) = |\alpha - \beta| \bmod 2\pi$$

二つの関節角度間の距離

調音努力

- 指の独立 (finger independence) $FI(\text{hand}) = \sum_{\mathcal{J}} \sum_{\alpha, \alpha' \in \mathcal{J} | \alpha \neq \alpha'} D(\alpha, \alpha') / N$



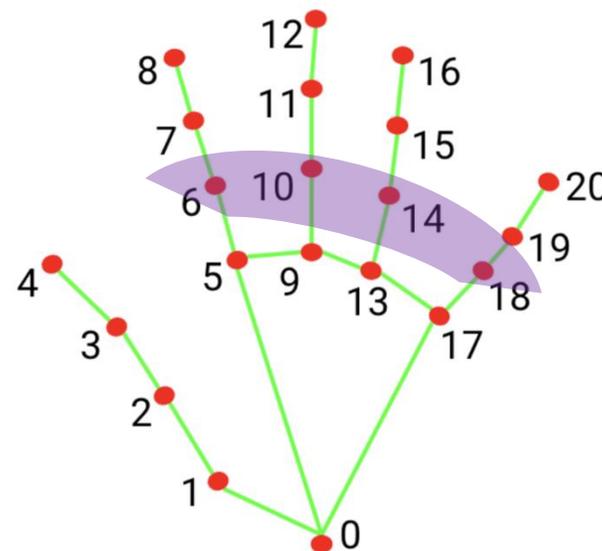
努力メトリクス

$$D(\alpha, \beta) = |\alpha - \beta| \bmod 2\pi$$

二つの関節角度間の距離

調音努力

- 指の独立 (finger independence) $FI(\text{hand}) = \sum_{\mathcal{J}} \sum_{\alpha, \alpha' \in \mathcal{J} | \alpha \neq \alpha'} D(\alpha, \alpha') / N$



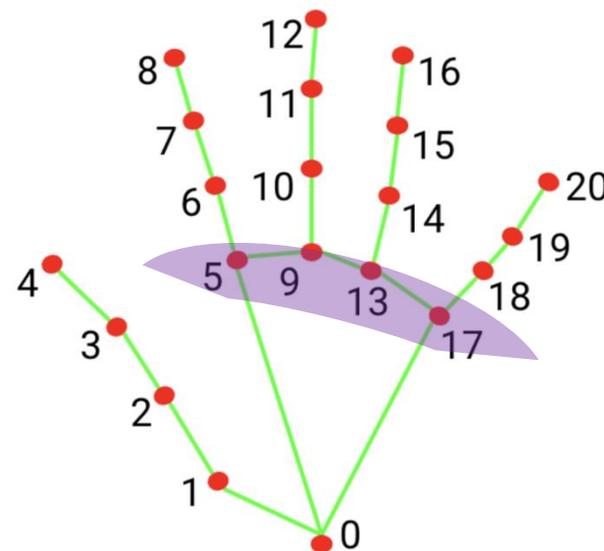
努力メトリクス

$$D(\alpha, \beta) = |\alpha - \beta| \bmod 2\pi$$

二つの関節角度間の距離

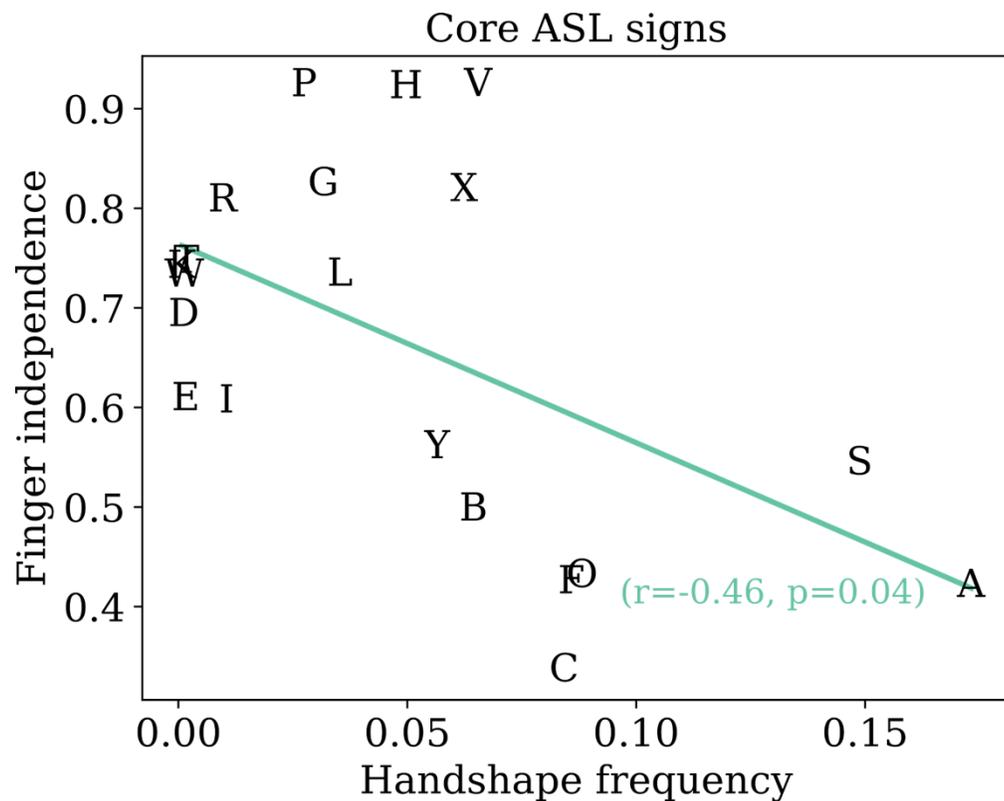
調音努力

- 指の独立 (finger independence) $FI(\text{hand}) = \sum_{\mathcal{J}} \sum_{\alpha, \alpha' \in \mathcal{J} | \alpha \neq \alpha'} D(\alpha, \alpha') / N$



結果

調音努力 vs. 手形頻度：ネイティブサイン

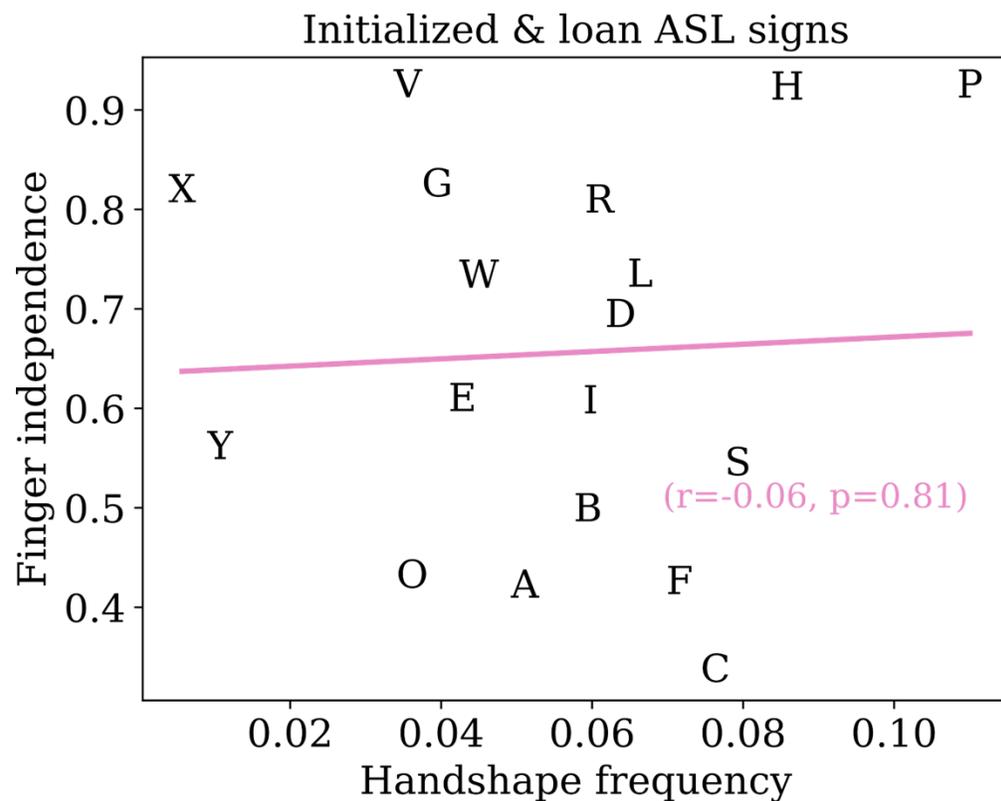


ピアソン相関 $r=-0.46, p=0.04$
→強い負の相関



結果

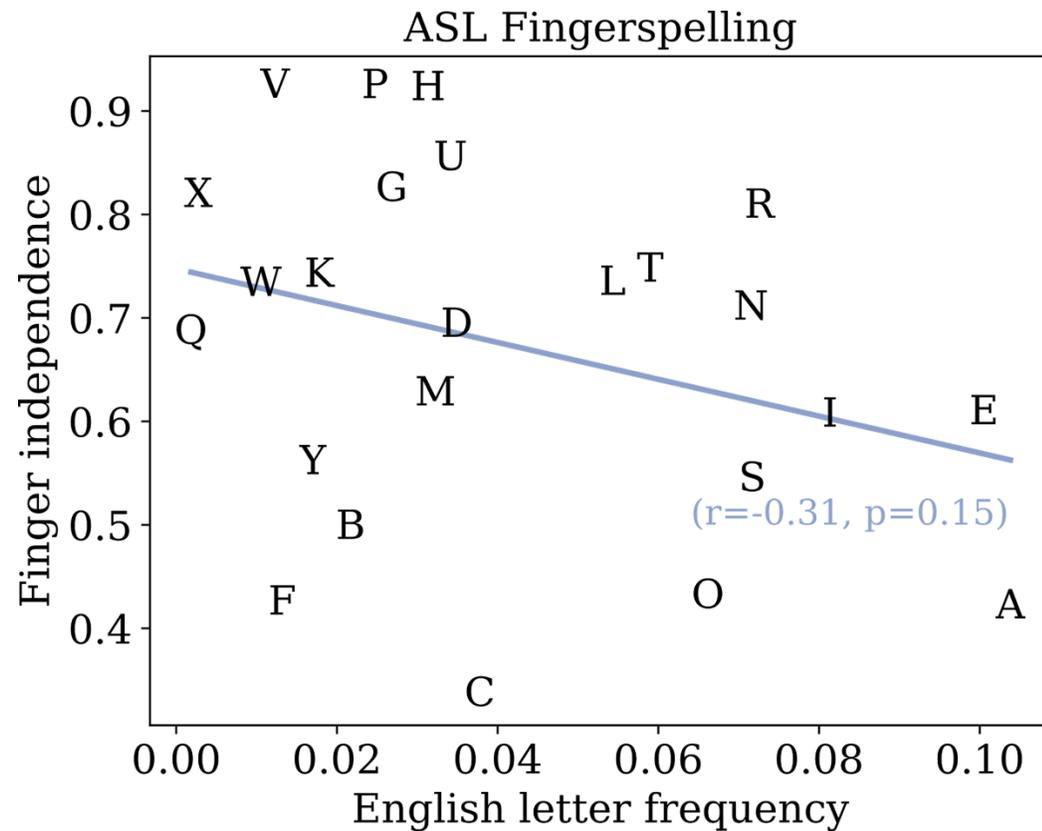
調音努力 vs. 手形頻度：外来サイン(initialized sign + 借用語)



ピアソン相関 $r=-0.06, p=0.81$
→無相関

結果

指文字調音努力 vs. 英字頻度



ピアソン相関 $r=-0.31, p=0.15$
→無相関

結果

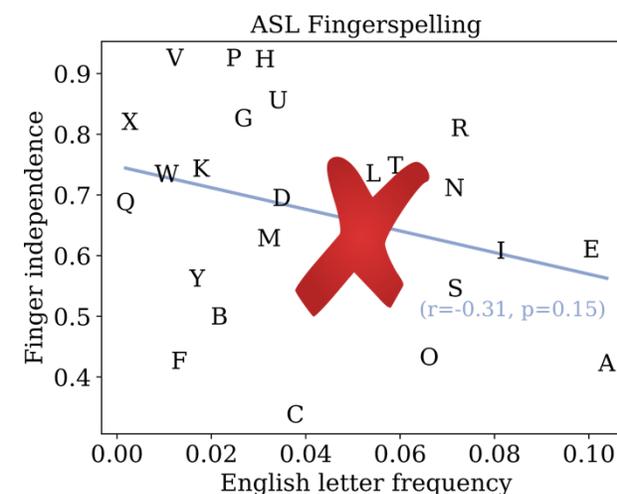
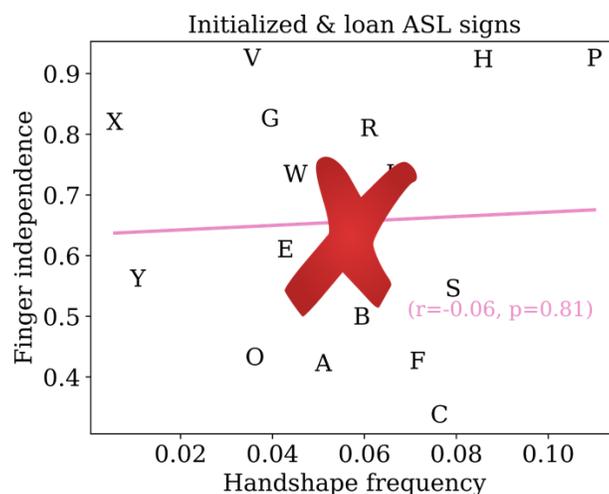
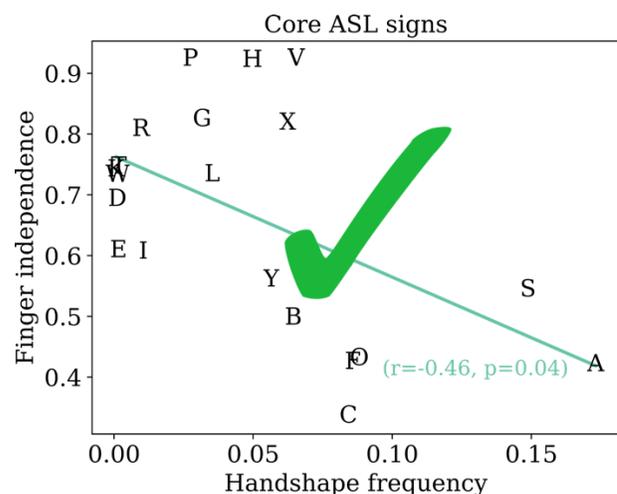
問1 ASLの手形におけるcommunicative efficiencyの証拠はあるのか？ **ある！**

問2 Communicative efficiencyは主にネイティブなサインに見られるのか、それとも英語に由来するサインにもあるのか？

ネイティブなサインのみ！

概要

- ASL手形の使用頻度と調音努力の比較
- 手形を調音するための努力を測るメトリクスを定義した
- Communicative efficiencyはネイティブなサインの手形に見られますが、英語から借用されたサインには見られません

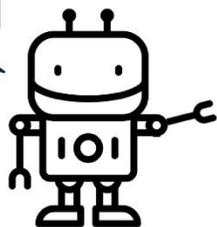


まとめ



User

こちらは“relativistic
electromagnetism”
を表すASL単語です

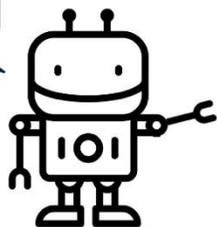


情報アクセシビリティ

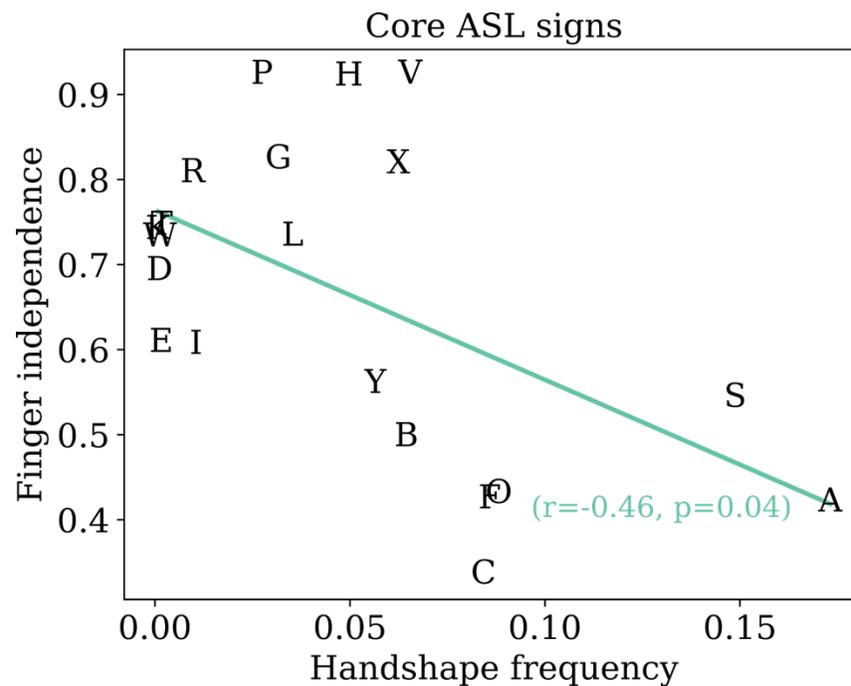


User

こちらは“relativistic electromagnetism”を表すASL単語です



情報アクセシビリティ

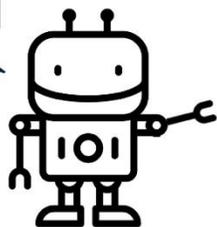


計算言語学



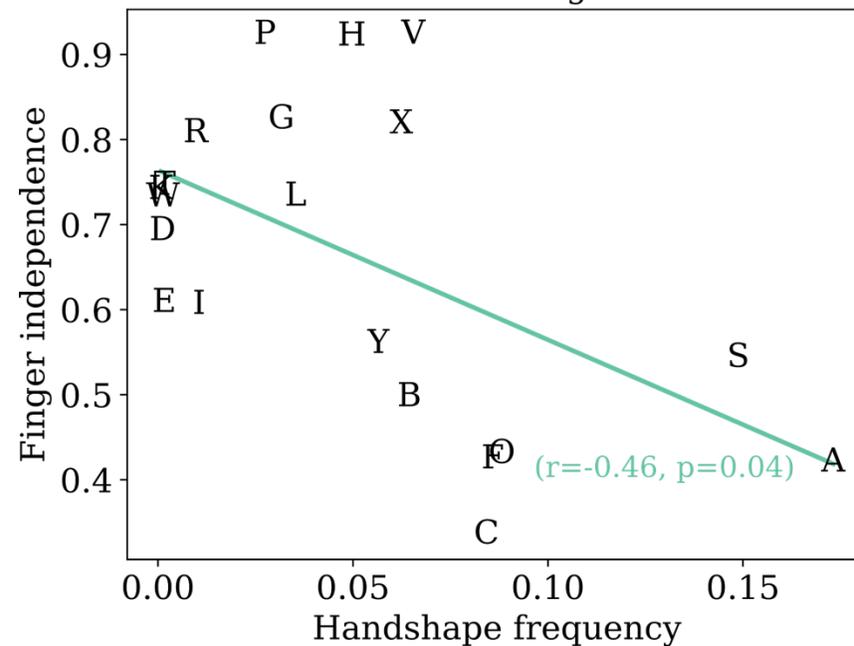
User

こちらは“relativistic electromagnetism”を表すASL単語です



情報アクセシビリティ

Core ASL signs



計算言語学

!ろう者と協力!

おわり

