

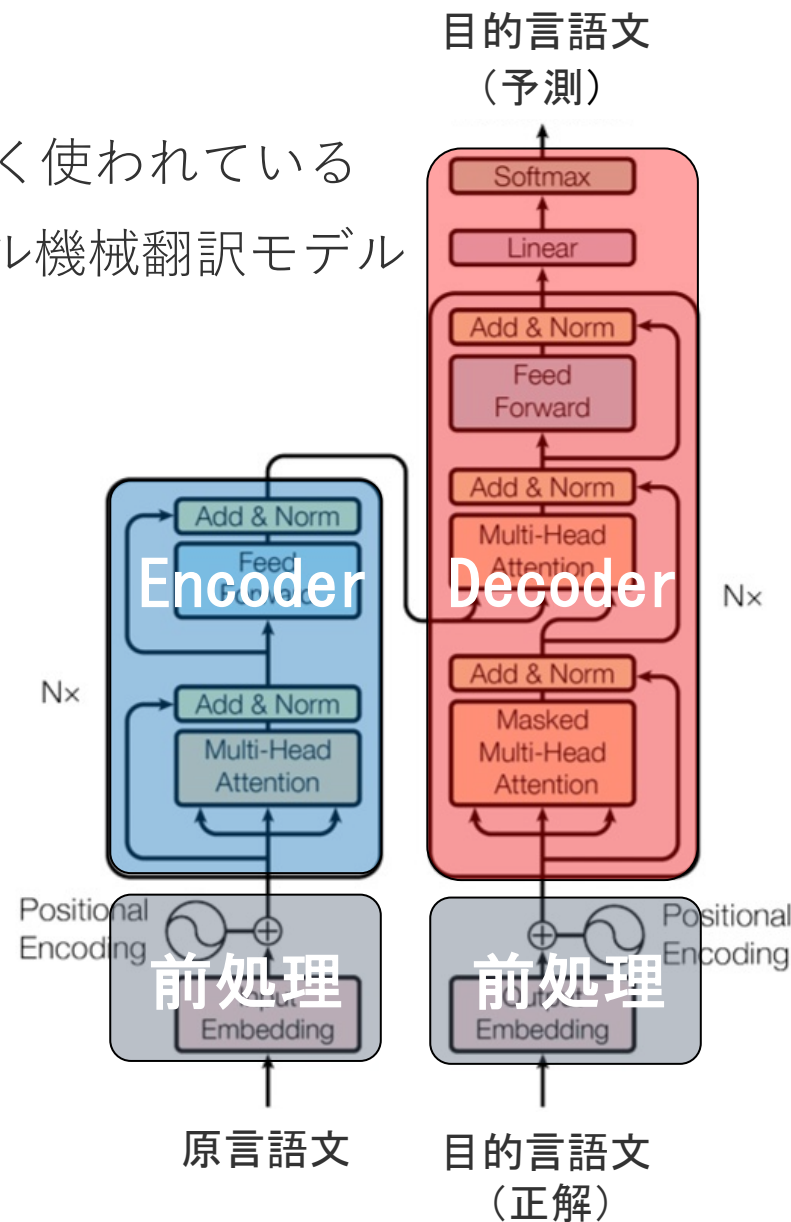
CVAEに基づく潜在変数を考慮した機械翻訳

小倉知也, 二宮崇
(愛媛大学)

背景：Transformer

- 機械翻訳の分野では、**Transformer** [Vaswani et al., 2017] が広く使われている
- **Transformer**は、**Encoder**と**Decoder**をもつニューラル機械翻訳モデル

Encoderに原言語文（翻訳したい文）を入力すると、
Decoderから目的言語文（翻訳された文）が出力される



課題：多様性の欠如

- Transformerモデルだけでは、単一の値に従って機械翻訳を行うため**多様性が低い**

「Thank you for your help.」 → 「助けてくれてありがとう。」



- 確率分布に従う潜在変数を導入して**多様性を高める**

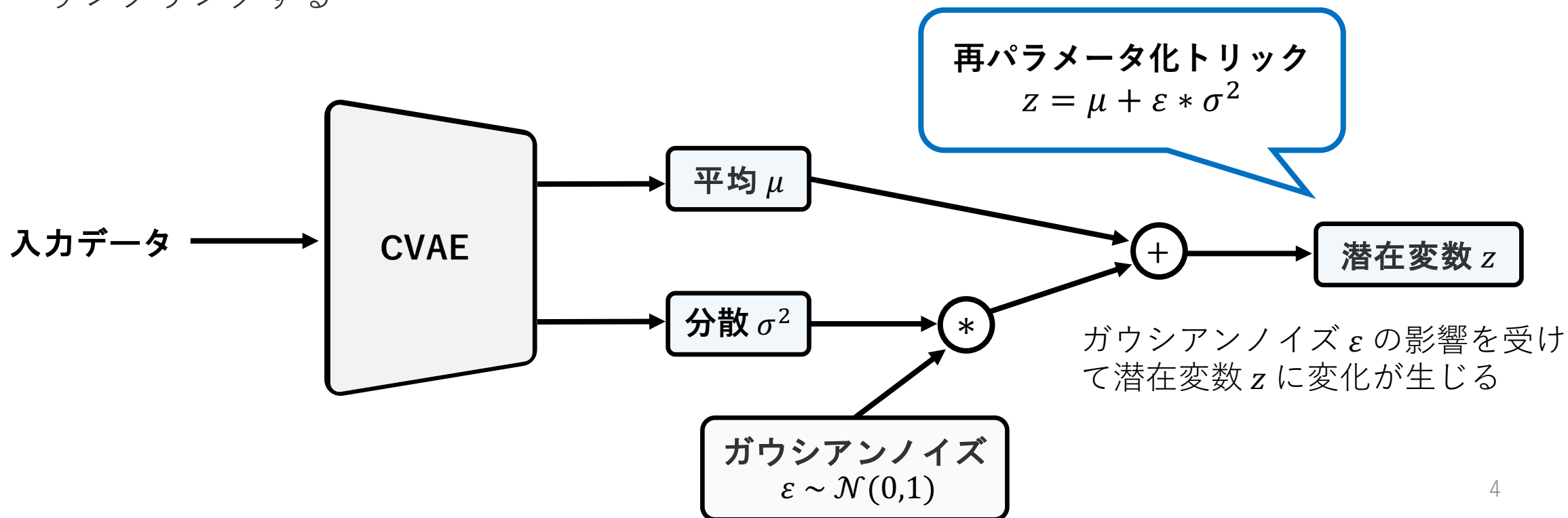
→ 多様性を高めると、多様な言語表現からニュアンスの違いを伝えられる

「Thank you for your help.」

- ↗ 「手伝ってくれてありがとう。」
- 「協力してくれてありがとう。」
- ↘ 「助けてくれてありがとう。」

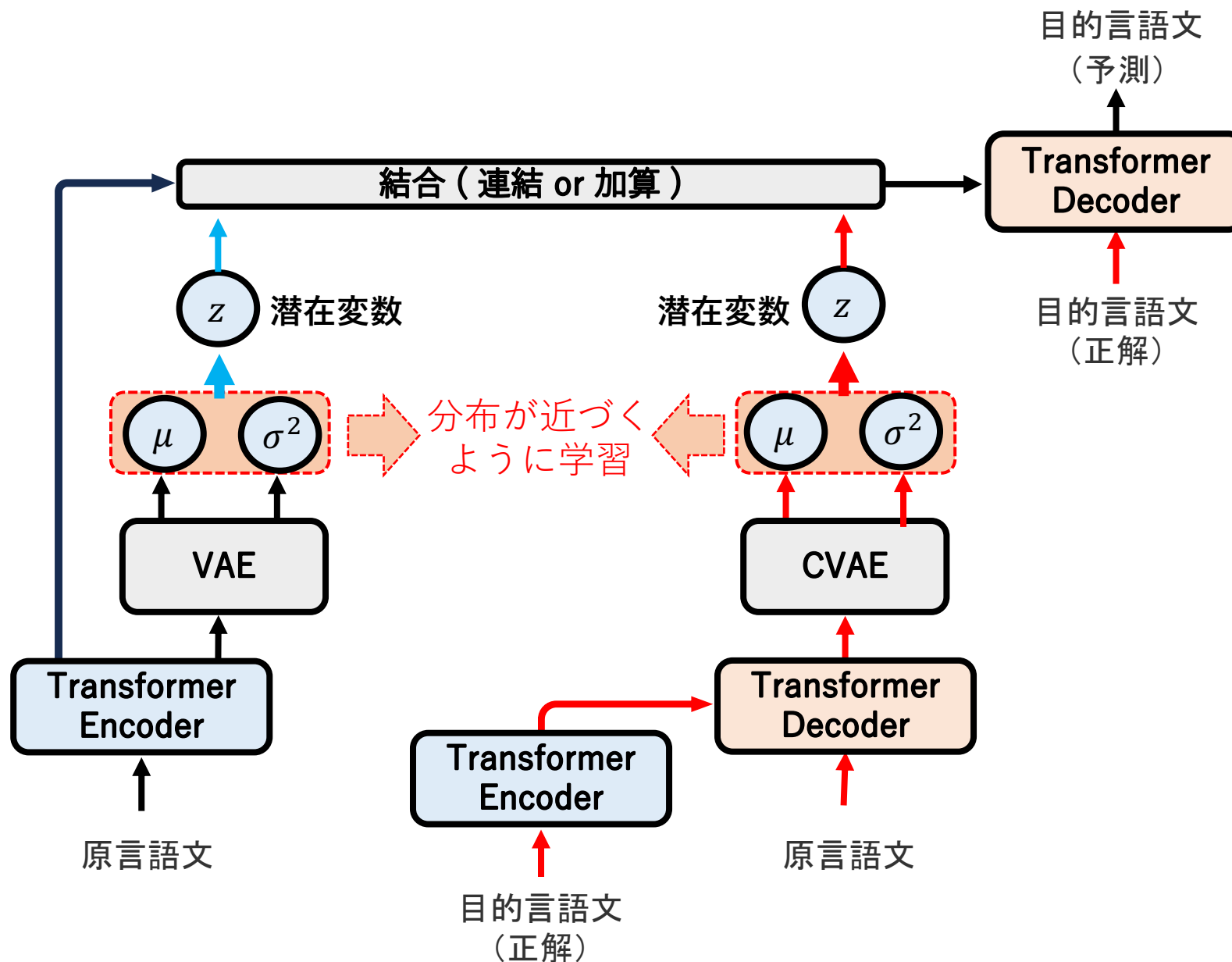
提案手法の概要：潜在変数のサンプリング

- 潜在変数モデルCVAE(Conditional-VAE) [Kingma et al., 2014] は、入力データに内在する“隠れた構造”を確率分布に従う潜在変数に落とし込む
- CVAEが出力する平均 μ と分散 σ^2 に対して再パラメータ化トリックを適用し、潜在変数 z をサンプリングする



提案手法の概要：モデル図

- (Red line): 学習時のみ
- (Blue line): 推論時のみ
- (Black line): 学習時と推論時



提案手法の詳細：学習方法

- 提案手法では、変分推論を用いて変分下限 \mathcal{L} の最大化により学習

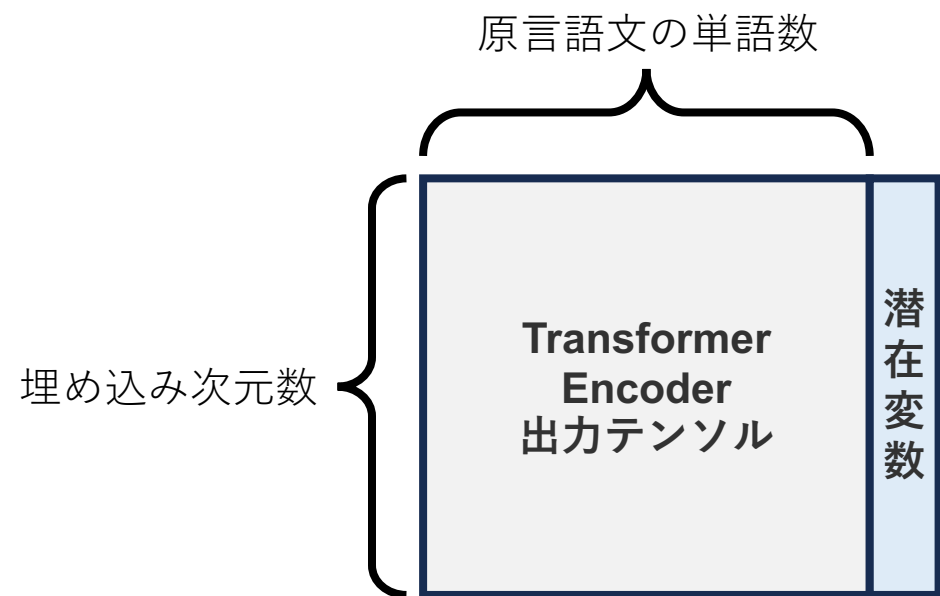
$$\mathcal{L} = - (\text{正規分布間のKLダイバージェンス} + \text{予測した翻訳文と正解翻訳文の誤差})$$

- KLダイバージェンスは確率分布間の距離を表す
- 2つの正規分布 $p(x) = N(\mu_1, \sigma_1^2)$, $q(x) = N(\mu_2, \sigma_2^2)$ 間のKLダイバージェンスは、

$$\begin{aligned} KL(p||q) &= \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \ln \frac{p(x)}{q(x)} dx \\ &= \ln \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) + \frac{\sigma_1^2 + (\mu_1 - \mu_2)^2}{2\sigma_2^2} - \frac{1}{2} \end{aligned}$$

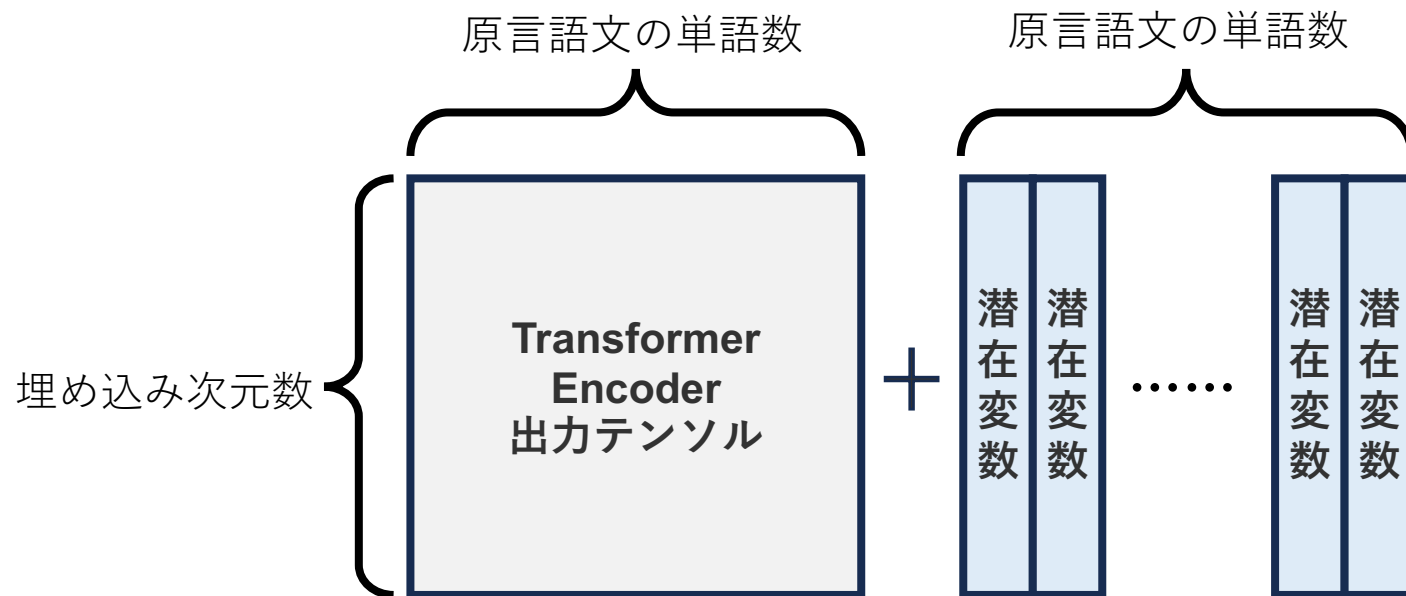
提案手法の詳細：潜在変数の結合手法

結合手法 1：連結



- Transformer Encoder出力テンソルに潜在変数をそのまま連結する

結合手法 2：加算



- 潜在変数を単語数分だけ複製してTransformer Encoder出力テンソルと形状を揃えた後に加算する

実験設定

- 評価タスク：**機械翻訳タスク**（英語文 → 日本語文）
- データセット：ASPEC
 - 訓練データ：100,000 件
 - 評価データ：1,812 件
- 翻訳性能の評価指標：2文間の**表層的類似度を測るBLEU**、**意味的類似度を測るBERTScore**
- 多様性の評価指標：モデルが生成した**翻訳文の多様性を測るVarBLEU**

VarBLEU = 100 - (ランダムシードを変えて生成した10個の翻訳文間の平均BLEU)

実験結果

モデル	翻訳性能の評価		多様性の評価
	BLEU ↑ (表層的類似度)	BERTScore ↑ (意味的類似度)	VarBLEU ↑ (多様性尺度)
Transformer (ベースライン)	31.62	0.85	0.00
提案手法 - 連結	30.66	0.84	19.68
提案手法 - 加算	30.77	0.84	40.85

- 翻訳性能の評価では、ベースラインと比較してBLEUが低下したがBERTScoreは同等
- 多様性の評価では、提案手法が多様性のある翻訳を生成していることが分かる
- 連結よりも加算による提案手法の方が、翻訳性能を維持しながら多様性を向上できる

実験結果

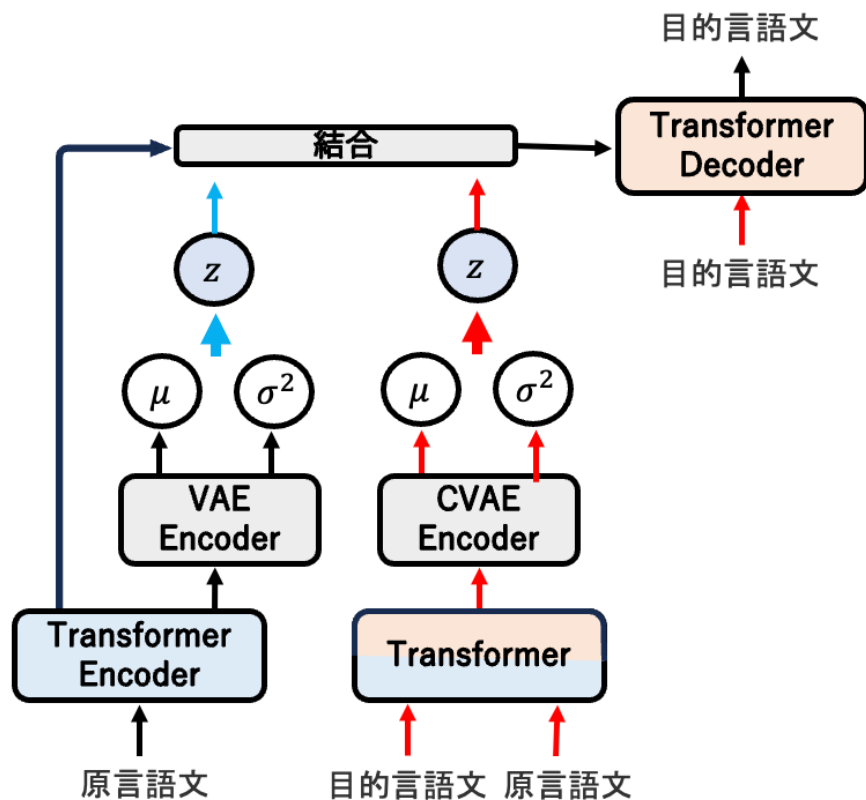
多様性評価で得られた翻訳文の一例（重複した翻訳文は削除）

	原文
	Research and development of alkali and phosphate types were finalized.
モデル	翻訳文
Transformer（ベースライン）	アルカリ型とりん酸塩型の研究開発を行った。
提案手法 - 連結	アルカリ及びりん酸塩型の研究開発を行った。
	アルカリ・りん酸塩型の研究開発を行った。
提案手法 - 加算	アルカリ型とりん酸塩型の研究開発を進めた。
	アルカリ型およびりん酸塩型の研究開発を行った。
	アルカリ・りん酸塩型の研究開発を行った。
	アルカリ型及びりん酸塩型の研究開発を行った。

- 連結よりも加算による潜在変数の結合手法の方が、より多様性のある翻訳文を生成できる

まとめ

- 背景：機械翻訳の分野ではTransformerを用いたモデルが主流
- 課題：Transformerだけの機械翻訳は多様性が低い
- 手法：潜在変数モデルCVAEに基づいて取得した確率分布に従う潜在変数を導入
- 結果：BLEUは低下したがBERTScoreは同等、多様性は向上した



モデル	BLEU ↑	BERTScore ↑	VarBLEU ↑
Transformer	31.62	0.85	0.00
提案手法 - 連結	30.66	0.84	19.68
提案手法 - 加算	30.77	0.84	40.85