

# ことばで書かれた数学問題を自動で解く

東京理科大学 理学部第一部応用数学科 松崎研究室

なんのため？

- 「人間のことばを正確に理解して考えられる機械」への第一歩
- まぎれのない意味をもつ問題文をもとに日本語の性質を深く分析

問題文

[1]  $a$  を定数とし、 $x$  の2次関数

$$y = x^2 - 2(a+2)x + a^2 - a + 1$$

のグラフを  $G$  とする。

グラフ  $G$  と  $y$  軸との交点の  $y$  座標を  $Y$  とする。 $Y$  の値が最小になるのは  $a = [\text{ans1}]$  のときで、最小値は  $[\text{ans2}]$  である。

数式解析

「 $y = x^2 - 2(a+2)x + a^2 - a + 1$ 」は  
ただの等式ではなく、**関数関係の定義**：  
→  $\lambda y. \lambda x. y = x^2 - 2(a+2)x + a^2 - a + 1$

テキスト + MathML

形態素・構文解析

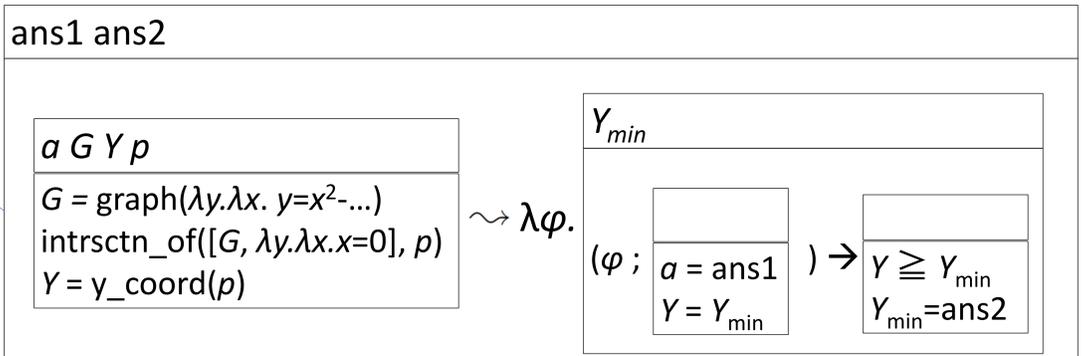
$$\frac{\frac{\frac{\text{グラフ } G \text{ と } y \text{ 軸と}}{NP_{to} : G} : \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)}{NP_{pl} : [G, \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)]} < \Phi >}{T / (T \setminus NP_{pl}) : \lambda R. \lambda p. R[G, \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)]p} > T \quad \frac{\text{交点}}{T \setminus NP_{no} / (T \setminus NP_{no}) : id}}{NP_{pl, no} : \lambda R. \lambda p. R[G, \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)]p} > B \quad \frac{\text{交点}}{N \setminus NP_{pl, no} : \lambda x. \lambda p. \text{intersection\_of}(x, p)} > T}{N : \lambda p. \text{intersection\_of}([G, \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)], p)} > T \quad \frac{\text{交点}}{T \setminus NP_{no} / (T \setminus NP_{no}) : id}}{N / (N \setminus NP_{no}) : \lambda R. \lambda y. \exists p. \text{intersection\_of}([G, \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)], p) \wedge Rpy} > B \quad \frac{\text{交点}}{N \setminus NP_{no} : \lambda p. \lambda y. y = \text{y\_coord}(p)} > B \quad \frac{\text{交点}}{N : \lambda y. \exists p. \text{intersection\_of}([G, \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)], p) \wedge y = \text{y\_coord}(p)} > B$$

CCG構文木

共参照・談話構造解析  
意味合成

「最小値は  $[\text{ans2}]$  である」  
→ ( $Y$  の値が最小になるとき、そのときの  $Y$  の)  
最小値は  $[\text{ans2}]$  である の意味 (省略の理解！)

談話表示構造 (DRS)



ソルバー入力の導出

数式処理システム

$$\left( \left( \left( \begin{matrix} \exists \text{ans1}. \exists \text{ans2}. \\ \forall a. \forall Y. \forall p_x. \forall p_y. \\ \left( \begin{matrix} p_x = 0 \\ \wedge p_y = p_x^2 - 2(a+2)p_x + a^2 - a + 1 \\ \wedge Y = p_y \end{matrix} \right) \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. \rightarrow \forall Y_{min}. \left( \left( \left( \exists a. \exists Y. \exists p_x. \exists p_y. \left( \begin{matrix} p_x = 0 \\ \wedge p_y = p_x^2 - 2(a+2)p_x + a^2 - a + 1 \\ \wedge Y = p_y \\ \wedge a = \text{ans1} \wedge Y = Y_{min} \end{matrix} \right) \right) \right) \right) \right) \right) \right) \right)$$

解答