

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

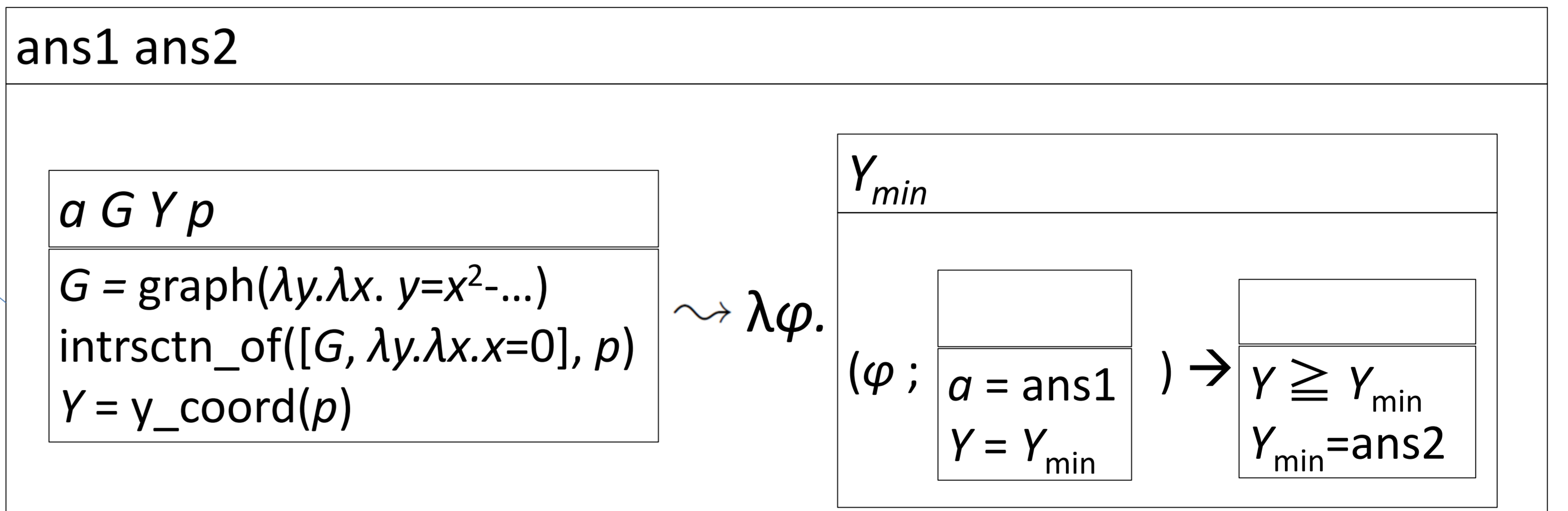
$$\frac{\frac{\frac{\text{グラフ } G \text{ と } y \text{ 軸と}}{NP_{to} : G} : \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)}{NP_{pl} : [G, \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)]} < \Phi >}{T/(T \setminus NP_{pl}) : \lambda R. \lambda p. R[G, \text{graph}(\lambda y. \lambda x. x = 0)]p} > T \quad \frac{\text{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

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

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

解答