

$e ::=$	式
v	値
x	変数
$e_1 \text{ op } e_2$	プリミティブ演算
(e_1, e_2)	ペア
$e_1 :: e_2$	リスト
$\text{if } e_1 \text{ then } e_2 \text{ else } e_3$	条件分岐
$\text{fun } x \rightarrow e$	関数
$e_1 e_2$	関数適用
$\text{match } e \text{ with } p_1 \rightarrow e_1 \mid \dots \mid p_n \rightarrow e_n$	パターンマッチ
$\text{let } x = e_1 \text{ in } e_2$	let 式
$\text{let rec } x = e_1 \text{ in } e_2$	let rec 式

図 1: Mini-ML の式

$v ::=$	値
n	整数
true, false	真偽値
$[]$	空リスト
$v_1 :: v_2$	リスト
(v_1, v_2)	ペア
$\text{closure}(x, e, E)$	クロージャ

図 2: Mini-ML の値

$E ::=$	環境
$\{x_1 \mapsto v_1, \dots, x_n \mapsto v_n\}$	(変数から値への写像)

図 3: Mini-ML の環境

$$\begin{array}{c}
\frac{}{E \vdash v \Rightarrow v} \quad \frac{v = E(x)}{E \vdash x \Rightarrow v} \quad \frac{E \vdash e_1 \Rightarrow v_1 \quad E \vdash e_2 \Rightarrow v_2 \quad v = (v_1 \text{ op } v_2)}{E \vdash e_1 \text{ op } e_2 \Rightarrow v} \\
\\
\frac{E \vdash e_1 \Rightarrow v_1 \quad E \vdash e_2 \Rightarrow v_2}{E \vdash (e_1, e_2) \Rightarrow (v_1, v_2)} \quad \frac{E \vdash e_1 \Rightarrow v_1 \quad E \vdash e_2 \Rightarrow v_2}{E \vdash e_1 :: e_2 \Rightarrow v_1 :: v_2} \\
\\
\frac{E \vdash e_1 \Rightarrow v_1 \quad E\{x \mapsto v_1\} \vdash e_2 \Rightarrow v}{E \vdash \text{let } x = e_1 \text{ in } e_2 \Rightarrow v} \quad \frac{v = \text{closure}(x, e, E)}{E \vdash \text{fun } x \rightarrow e \Rightarrow v} \\
\\
\frac{E \vdash e_1 \Rightarrow \text{closure}(x, e, E') \quad E \vdash e_2 \Rightarrow v_2 \quad E'\{x \mapsto v_2\} \vdash e \Rightarrow v}{E \vdash e_1 e_2 \Rightarrow v} \quad \frac{E \vdash e_1 \Rightarrow v \quad \text{if } v = \text{true} \text{ then } E \vdash e_2 \Rightarrow v \quad \text{if } v = \text{false} \text{ then } E \vdash e_3 \Rightarrow v}{E \vdash \text{if } e_1 \text{ then } e_2 \text{ else } e_3 \Rightarrow v}
\end{array}$$

図 4: Mini-ML の評価規則 (未完成)

($E \vdash e \Rightarrow v$ は「環境 E の下で式 e を評価すると値 v になる (ただし評価が停止したならば)」という意味)

$e ::=$	式
v	値
x	変数
$e_1 \text{ op } e_2$	プリミティブ演算
(e_1, e_2)	ペア
$e_1 :: e_2$	リスト
$\text{if } e_1 \text{ then } e_2 \text{ else } e_3$	条件分岐
$\text{fun } x_1 \rightarrow e_1 \mid \dots \mid x_n \rightarrow e_n$	関数
$e_1 e_2$	関数適用
$\text{match } e \text{ with } p_1 \rightarrow e_1 \mid \dots \mid p_n \rightarrow e_n$	パターンマッチ
$\text{let } x_1 = e_1 \text{ and } \dots \text{ and } x_n = e_n \text{ in } e$	let 式
$\text{let rec } x_1 = e_1 \text{ and } \dots \text{ and } x_n = e_n \text{ in } e$	let rec 式

図 5: Mini-ML の式 (拡張版)

$v ::=$	値
n	整数
$\text{true}, \text{false}$	真偽値
$[\]$	空リスト
$v_1 :: v_2$	リスト
(v_1, v_2)	ペア
$\text{closure}([(x_1, e_1); \dots; (x_n, e_n)], E)$	クロージャ

図 6: Mini-ML の値 (拡張版)