Sheaves on subanalytic sites セミナーノート

2022 年 4 月 6 日

目次

0 Preface

このノートでは, L. Prelli, Sheaves on Subanalytic Site [4] を参考にして, Subanalytic sites や, その上の層についてまとめる. また, 必要に応じて, Kashiwara-Schapira[1], [3] を参照する.

1 Sheaves on sites

1.1 Sites and sheaves

この節では, Kashiwara-Schapira, Ind-sheaves [2] も合わせて参照して, 景 (site) 上の層について述べる.

層は, 位相空間 X の開集合の圏 $\mathrm{Op}(X)$ に対して定められる. 景 (site) とは, 任意の圏に対して抽象的な被覆によって位相を入れたもので, これにより, 層の概念を拡張できる.

以降, 考える圏は, $\mathcal{U}$-small であり, 有限の積とファイバー積が存在するものとする. このような圏 $\mathcal{C}$ では, 射 $V \to U$ の圏 $\mathcal{C}_U$ も有限の積とファイバー積が存在する.

また, $\mathcal{C}$ が終対象 (terminal object) を持てば,

$$\mathcal{C} \text{ が有限の積とファイバー積を持つ} \iff \mathcal{C} \text{ が有限の射影極限を持つ}$$

が成り立つ. さらに, このとき, 終対象を T として,

$$X \times Y = X \times_T Y \quad (\forall X, Y \in \mathcal{C})$$

である.

記号 射 $V \to U$ と $S \subset \mathrm{Ob}(C_U)$ に対して,

$$V \times_U S := \{V \times_U W \to V \mid W \in S\} \subset \mathrm{Ob}(C_V)$$

と定める.

注意 位相空間 X とし, $\mathcal{C} = \mathrm{Op}(X)$ とする. このとき, $V, W \in \mathcal{C}_U = \mathrm{Op}(U)$ に対して,

$$V \times_U W = V \cap W$$

である.

定義 1.1.1 $S_1, S_2 \subset \mathrm{Ob}(C_U)$ に対して, S_1 が S_2 の細分 (refinement) とは, 任意の $V \to U \in S_1$ に対して, ある $V' \to U \in S_2$ が存在して, $V \to V' \to U$ と分解できることを言う. また, これを $S_1 \preceq S_2$ と書く.

定義 1.1.2 $\mathcal{C}$ 上の Grothendieck 位相とは, $\mathrm{Ob}(\mathcal{C}_U)$ の部分集合の族 $\{\mathrm{Cov}(U)\}_{U \in \mathcal{C}}$ で, 次の公理を満たすものを言う:

(GT1) $\{\mathrm{id}_U : U \to U\} \in \mathrm{Cov}(U)$ である.
(GT2) $S_1, S_2 \subset \mathcal{C}_U$ とする. $S_1 \in \mathrm{Cov}(U)$ かつ $S_1 \preceq S_2$ ならば, $S_2 \in \mathrm{Cov}(U)$ である.
(GT3) $S \in \mathrm{Cov}(U)$ ならば, 任意の $V \to U$ に対して, $V \times_U S \in \mathrm{Cov}(V)$ である.
(GT4) $S_1, S_2 \subset \mathrm{Ob}(\mathcal{C}_U)$ が, $S_1 \in \mathrm{Cov}(U)$ および $V \times_U S_2 \in \mathrm{Cov}(V)$ $(\forall V \in S_1)$ を満たせば, $S_2 \in \mathrm{Cov}(U)$ である.

$S \in \mathrm{Cov}(U)$ を U の被覆 (covering) という. 景 X とは, 圏 $\mathcal{C}_X$ で, 有限の積とファイバー積が定義され, Grothendieck 位相が定められているものを言う.
$\mathcal{C}_X$ に終対象が存在する場合は, $\mathcal{C}_X$ を X と書くことにする.

定義 1.1.3 X, Y を景とする.

(i) 関手 $f^t : \mathcal{C}_Y \to \mathcal{C}_X$ が連続 (continuous) とは, 次の 2 条件が満たされることを言う.
  (1) ファイバー積と可換である,
    i.e. 任意の射 $V \to U$, $W \to U$ に対して, $f^t(V \times_U W) \xrightarrow{\sim} f^t(V) \times_{f^t(U)} f^t(W)$ である.
  (2) 任意の $V \in \mathcal{C}_Y$, $S \in \mathrm{Cov}(V)$ に対し, $f^t(S) \in \mathrm{Cov}(f^t(V))$ である.
    ただし, $f^t(S) \coloneqq \{f^t(W) \to f^t(V) \mid W \in S\}$ とする.
(ii) 景の間の射 $f : X \to Y$ とは, 連続な関手 $f^t : \mathcal{C}_Y \to \mathcal{C}_X$ である.

例 1.1.4 (i) 位相空間 X に対して, X の開集合に包含射で順序を付けた圏を $\mathrm{Op}(X)$ とする. $U \in \mathrm{Op}(X)$ に対して, $\mathrm{Op}(X)_U = \mathrm{Op}(U)$ である. 通常の被覆で Grothedieck 位相を入れた景を, X と書く (終対象は $X \in \mathrm{Op}(X)$).
(ii) $f : X \to Y$ を位相空間の間の連続写像とする. 関手 $f^t : \mathrm{Op}(Y) \to \mathrm{Op}(X)$ を $V \mapsto f^{-1}(V)$ として, 景の間の射も $f : X \to Y$ と書ける. つまり, 位相空間を景とすると, 連続写像が景の間の関手となる ($f^{-1}(V \cap W) = f^{-1}(V) \cap f^{-1}(W)$).
(iii) X を位相空間とする. $\mathrm{Op}(X)$ には, 次のような位相も入る. $S \subset \mathrm{Op}(U)$ は, U の被覆で, 有限部分被覆を持つとする. このような被覆の集合は, Grothendieck 位相となる. この景を X_f と書く.
(iv) X を局所コンパクトな位相空間とする. X_{lf} を, $\mathrm{Op}(X)$ に次のような位相を入れた景とする:
  $S \subset \mathrm{Op}(X)$ が X_{lf} での被覆であるとは, X の任意のコンパクト集合 K に対して, ある有限進ん集合 $S_0 \subset S$ で, $K \cap (\cup_{V \in S_0} V) = K \cap U$ となるものが存在する.
  このとき, 自然な射 $U_{lf} \to U_{X_{lf}}$ が存在するが, 一般には同型でない事に注意する.

k-加群の層を定義する. ここで, k は, 可換環とする.

定義 1.1.5 X を景とする.

(i) F が X 上の k-加群の前層 (presheaf) とは, 関手 $\mathcal{C}_X^{\mathrm{op}} \to \mathrm{Mod}(k)$ であり, 前層の間の射は関手の射として定める.
(ii) $\mathrm{Psh}(k_X)$ を X 上の k-加群の前層の圏とする. この圏はアーベル圏である.

(iii) X 上の k-加群の前層 F と $S \subset \mathcal{C}_U$ に対して,

$$F(S) := \mathrm{Ker}\left(\prod_{V\in S} F(V) \rightrightarrows \prod_{V',V''\in S} F(V'\times_U V'')\right)$$

と定める. (ただし, 二重矢印の核は, 2 つの射の差で定義される. ここでの 2 つの射は, $F(V') \to F(V'\times_U V'')$ と $F(V'') \to F(V'\times_U V'')$ である.)

(iv) X 上の k-加群の前層 F が分離的 (separated) (resp. 層 (sheaf) である) とは, 任意の $U \in \mathcal{C}_X$ と任意の被覆 $X \in \mathrm{Cov}(U)$ に対して, 自然な射 $F(U) \to F(S)$ が monomorphism(resp. isomorphism) となることである.

(v) $\mathrm{Mod}(k_X)$ を X 上の k-加群の層の圏とする. $\mathrm{Mod}(k_X)$ は, $\mathrm{Psh}(k_X)$ の加法的な充満部分圏 (full additive subcategory) である. また, $\mathrm{Hom}_{\mathrm{Mod}(k_X)}$ を Hom_{k_X} と略記する.

定義 1.1.6 (層化 (sheafification))

$$F^+(U) := \varinjlim_{S\in\mathrm{Cov}(U)} F(S).$$

定理 1.1.7 (i) 関手 $(\cdot)^+ : \mathrm{Psh}(k_X) \to \mathrm{Psh}(k_X)$ は, 左完全である.

(ii) 任意の $F \in \mathrm{Psh}(k_X)$ に対して, F^+ は分離的な前層となる.

(iii) 任意の分離的前層 F に対して, F^+ は層となる.

(iv) 関手 $(\cdot)^{++} : \mathrm{Psh}(k_X) \to \mathrm{Mod}(k_X)$ は, 埋め込み関手 $\iota : \mathrm{Mod}(k_X) \to \mathrm{Psh}(k_X)$ の左随伴である.

(iv) は, ι を省いて, 次のように書かれることも多い:

$$\mathrm{Hom}_{\mathrm{Psh}(k_X)}(F,G) \simeq \mathrm{Hom}_{\mathrm{Mod}(k_X)}(F^{++},G)\ (F\in\mathrm{Psh}(k_X),\, G\in\mathrm{Mod}(k_X)).$$

1.2 Subanalytic sites and sheaves

定義 1.2.1 (subanalytic site) $\mathrm{Op}(X_{sa})$ を X の subanalytic な部分集合の圏とする. この圏には, 次のような位相が入る:

$S \subset \mathrm{Op}(X_{sa})$ が $U \in \mathrm{Op}(X_{sa})$ の被覆であるとは, X の任意のコンパクト集合 K に対して, ある有限部分集合 $S_0 \subset S$ で, $K \cap (\cup_{V\in S_0} V) = K \cap U$ となるものが存在する.

このような X_{sa} を subanalytic site と言う. また, $U_{X_{sa}}$ を, $\mathrm{Op}(X_{sa}) \cap U$ に X_{sa} の位相から誘導される位相を入れたものとする. 一般に, U_{sa} と $U_{X_{sa}}$ は異なる.

例 1.2.2 $X = \mathbb{R}^2$, $U = \mathbb{R}^2 \setminus \{0\}$ とする. このとき, $V_n = \left\{x \in \mathbb{R}^2 \;\middle|\; |x| > \frac{1}{n}\right\}$ とすると, $\{V_n\}_{n\in\mathbb{N}} \in \mathrm{Cov}(U_{sa})$ であるが, $\{V_n\}_{n\in\mathbb{N}} \notin \mathrm{Cov}(U_{X_{sa}})$ である.

定義 1.2.3 $\mathrm{Mod}(k_{X_{sa}})$ を X_{sa} 上の層の圏とする.

定義 1.2.4 $\mathrm{Op}^c(X_{sa})$ で, X の相対コンパクトな subanalytic 開集合のなす圏とし, X_{sa} から誘導される位相を入れたものを X^c_{sa} と書く. X^c_{sa} 上の前層 (resp. 層) の圏を $\mathrm{Psh}(k_{X^c_{sa}})$(resp. $\mathrm{Mod}(k_{X^c_{sa}})$) と書く.

命題 1.2.5 $\mathrm{Mod}(k_{X_{sa}})$ は, Grothendieck 圏である i.e. 生成元を持ち, small inductive limits と small filtrant inductive limits が完全となる圏である. 特に, Grothendieck 圏として, $\mathrm{Mod}(k_{X_{sa}})$ は, enough injective な対象を持つ.

命題 1.2.6 忘却関手 $\mathrm{Mod}(k_{X_{sa}}) \to \mathrm{Mod}(k_{X^c_{sa}})$ は圏同値を与える.

証明. □

命題 1.2.7 $\{F_i\}_{i\in I}$ を $\mathrm{Mod}(k_{X_{sa}})$ の filitrant inductive system とし, $U \in \mathrm{Op}^c(X_{sa})$ とする．このとき,

$$\varinjlim_{i\in I} \Gamma(U; F_i) \simeq \Gamma(U; \varinjlim_{i\in I} F_i)$$

が成り立つ.

証明. $\mathrm{Mod}(k_{X^c_{sa}})$ で示せば十分である．"$\varinjlim_i$"F_i で, X^c_{sa} 上の前層 $V \mapsto \varinjlim_i \Gamma(U; F_i) = \varinjlim_i (F_i(U))$ を表す. $U \in \mathrm{Op}^c(X_{sa})$ とし, S を U の有限被覆とする．同型 ("$\varinjlim_i$"$F_i)(S) \to \varinjlim_i (F_i(S))$ が存在し, $F_i \in \mathrm{Mod}(k_{X^c_{sa}})$ より, ("$\varinjlim_i$"$F_i)(S) \simeq \varinjlim_i (F_i(U)) =$ ("$\varinjlim_i$"$F_i)(U)$ が成り立つ.

ここで, U の有限被覆の族 $\mathrm{Cov}^f(U)$ は, $\mathrm{Cov}(U)$ で cofinal なので, ("$\varinjlim_i$"$F_i)(U) \simeq \varinjlim_{S\in \mathrm{Cov}^f(U)}$ ("$\varinjlim_i$"$F_i)(S) \simeq \varinjlim_{S\in\mathrm{Cov}(U)}$ ("$\varinjlim_i$"$F_i)(S) =$ ("$\varinjlim_i$"$F_i)^+(U)$ となる．よって,

$$\text{“}\varinjlim_i\text{”}F_i \xrightarrow{\sim} (\text{“}\varinjlim_i\text{”}F_i)^+ \xrightarrow{\sim} (\text{“}\varinjlim_i\text{”}F_i)^{++}$$

を得る．また, 層 $\varinjlim_i F_i$ の定義より, ("$\varinjlim_i$"$F_i)^{++} = \varinjlim_i F_i$ なので, "$\varinjlim_i$"$F_i = \varinjlim_i F_i$ が言える．これに $\Gamma(U; \bullet)$ を施せば, $\varinjlim_i \Gamma(U; F_i) \simeq \Gamma(U; \varinjlim_i F_i)$ となる. □

命題 1.2.8 $F \in \mathrm{Psh}(X^c_{sa})$ が, 次の 2 条件を満たすとする.

(i) $F(\emptyset) = 0$,
(ii) 任意の $U, V \in \mathrm{Op}^c(X_{sa})$ に対して,

$$0 \longrightarrow F(U \cup V) \longrightarrow F(U) \oplus F(V) \longrightarrow F(U \cap V)$$

は完全列である.

このとき, $F \in \mathrm{Mod}(k_{X^c_{sa}}) \simeq \mathrm{Mod}(k_{X_{sa}})$ である.

証明. $U \in \mathrm{Op}^c(X_{sa})$ と U の有限被覆 $\{U_j\}_{j=1}^n$ とする．また, $U_{ij} = U_i \cap U_j$ と略記する．次の列が完全であることを示せば良い.

$$0 \longrightarrow F(U) \longrightarrow \bigoplus_{1\le k\le n} F(U_k) \longrightarrow \bigoplus_{1\le i<j\le n} F(U_{ij})\ .$$

ただし, 2 番目の射は, $(s_k)_{1\le k\le n}$ を, $(s_i|_{U_{ij}} - s_j|_{U_{ij}})_{1\le i<j\le n}$ に対応させる射である.

n についての帰納法で示す．$n = 1$ は明らかで, $n = 2$ は仮定の (ii) そのものである．$1 \le j \le n-1$ では成り立つと仮定する．また, $U' = \bigcup_{1\le k\le n-1} U_k$ と略記する．このとき, 帰納法の仮定から, 完全列による可換図式

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & & & 0 & & 0 \\
 & & & & \downarrow & & \downarrow \\
0 & \longrightarrow & F(U) & \longrightarrow & F(U') \oplus F(U_n) & \longrightarrow & F(U' \cap U_n) \\
 & & & & \downarrow & & \downarrow \\
 & & & & \bigoplus_{1\le k\le n-1} F(U_k) \oplus F(U_n) & \longrightarrow & \bigoplus_{1\le i\le n-1} F(U_{in}) \\
 & & & & \downarrow & & \\
 & & & & \bigoplus_{1\le i<j\le n-1} F(U_{ij}) & &
\end{array}$$

を得る．この図式で diagram chasing を行えば, 目的の結果を得る. □

1.3 Sheaves on sites and $\mathbb{R}$-constructible sheaves

$\mathrm{Mod}_{\mathbb{R}\text{-c}}(k_X)$ を X 上の $\mathbb{R}$-constructible な層の成すアーベル圏とする．また, $\mathbb{R}$-constructible で, 台がコンパクトな層は, その部分圏となり, $\mathrm{Mod}^c_{\mathbb{R}\text{-c}}(k_X)$ と書く．

$$\mathrm{Mod}^c_{\mathbb{R}\text{-c}}(k_X) \subset \mathrm{Mod}_{\mathbb{R}\text{-c}}(k_X) \subset \mathrm{Mod}(k_X)$$

である．

site 間の自然な射

$$\rho : X \to X_{sa}$$

が定まり, 次のような層の射 ρ_*, ρ^{-1} が取れる．

$$\mathrm{Mod}(k_X) \underset{\rho^{-1}}{\overset{\rho_*}{\rightleftarrows}} \mathrm{Mod}(k_{X_{sa}}) \ .$$

ρ_* を $\mathrm{Mod}_{\mathbb{R}\text{-c}}(k_X)$ 及び $\mathrm{Mod}^c_{\mathbb{R}\text{-c}}(k_X)$ に制限したものも, ρ_* と書くこととする．

注意 1.3.1 任意の $F \in \mathrm{Mod}(k_X)$ と $V \in \mathrm{Op}^c(X_{sa})$ に対して,

$$\Gamma(V;\rho_*) \simeq \varinjlim_U \Gamma(V;\rho_* F_U) \simeq \Gamma(V;\varinjlim_U \rho_* F_U)$$

が成り立つ (U は X の相対コンパクトな subanalytic 開集合を動く)．つまり, $\varinjlim_U \rho_* F_U \xrightarrow{\sim} \rho_* F$ である．

証明. $V \subset U$ ならば, $\Gamma(V;\rho_* F_U) \simeq \Gamma(V;\rho_* F)$ であることから分かる． □

注意 1.3.2 関手 ρ_* は filtrant inductive limits と可換でない．

証明. $V_n = \left\{x \in \mathbb{R}^2 \;\middle|\; |x| > \frac{1}{n}\right\}$ とすると, $\rho_* \varinjlim_n k_{V_n} \simeq \rho_* k_{\mathbb{R}^2\setminus\{0\}}$ であるが, $0 \in \partial U$ なる $U \in \mathrm{Op}^c(\mathbb{R}^2_{sa}$ に対して, $\Gamma(U;\varinjlim_n \rho_* k_{V_n}) \simeq \varinjlim_n \Gamma(U;\rho_* k_{V_n}) = 0$ となる． □

命題 1.3.3 $U \in \mathrm{Op}(X_{sa})$, $k_{U_{sa}} \in \mathrm{Mod}(k_{X_{sa}})$ をとる．このとき, $k_{U_{sa}} \simeq \rho_* k_U$ である．

証明. $F \in \mathrm{Psh}(k_{X_{sa}})$ を, $V \subset U$ のとき $F(V) = k$

$$F(V) = \begin{cases} k & (V \subset U), \\ 0 & (otherwise), \end{cases}$$

と定める．これは, separated であり, $k_{U_{sa}} = F^{++}$ である．さらに, $V \in \mathrm{Op}(X_{sa})$ に対して, 埋め込み $F(V) \to \rho_* k_U(V)$ となるように射を作れる．$(\bullet)^{++}$ は完全関手なので, monomorphism $F^{++} \to \rho_* k_U$ を作れる．よって, epimorphism であることを示せば良い．これは, 次に紹介する命題を用いれば, 次のように示せる．

$\{U_\lambda\}_{\lambda\in\Lambda}$ を U の連結成分の族とする．

$$\mathcal{T} \coloneqq \left\{ W \in \mathrm{Op}(X_{sa}) \;\middle|\; \begin{array}{l} W : \text{連結}, \\ W \cap U^c_\lambda = \emptyset \ (\forall \lambda \in \Lambda) \end{array} \right\}$$

と定めれば, $\{U_\lambda\}_\lambda$ が局所有限であることから, $\mathcal{T}$ は, X_{sa} の位相の基底 (basis for the topology of X) となる．各 $W \in \mathcal{T}$ に対して,

$$F(W) \simeq \rho_* k_U(W) = \begin{cases} k & (W \subset U), \\ 0 & (otherwise), \end{cases}$$

となる．よって, $F^{++} \simeq \rho_* k_U$ となる． □

命題 1.3.4 $F, G \in \mathrm{Mod}(k_{X_{sa}})$ とする.

$$\begin{aligned} &\varphi \in \mathrm{Hom}_{k_{X_{sa}}}(F,G) \text{ が epimorphism である} \\ \Longleftrightarrow\ &\forall V \in \mathrm{Op}(X_{sa}),\ \exists \{V_i\}_{i\in I} \in \mathrm{Cov}(V) \,\mathrm{s.t.}\ \left[\forall s \in G(V), \exists t_i \in F(V_i) \,\mathrm{s.t.}\, \varphi(t_i) = s|_{V_i}\ (i \in I)\right] \end{aligned}$$

であることは同値である.

証明. 証明は参考文献のどれにも書いていないような気がするので略. □

今回のセミナーでは, $\mathcal{T}$ が任意の $V \in \mathrm{Op}(X_{sa})$ の (X_{sa} の位相での) 被覆となれば, 命題の被覆を $\mathcal{T}$ とすれば良いので, これを示した. X_{sa} の位相で基底となると言うのは, おそらく, そのような事実から示せると思われる.

注意 (“基底になる” を無視した証明) $\mathcal{T}$ は, $\{U_\lambda\}$ の局所有限性と X が実解析的多様体である事実から, (相対コンパクトな) 開集合からなる X の (通常の位相の) 被覆を含むことが示せる. これが示せると, 任意の $V \in \mathrm{Op}(X_{sa})$ に対し, $\mathcal{T} \cap V$ が X_{sa} の被覆となることが, 次のように示せる.

任意の $V \in \mathrm{Op}(X_{sa})$, コンパクト集合 $K \subset X$ をとる. $K \cap \overline{V}$ がコンパクトであり, $\mathcal{T}$ が X の被覆なので, 有限部分集合 $\mathcal{T}_0 \subset \mathcal{T}$ で, $K \cap \overline{V}$ の被覆となるものが存在する. このとき, $S_0 = \mathcal{T}_0 \cap V$ とすれば, $K \cap \bigcup_{W \in S_0} W = K \cap V$ が成り立つ.

($K \cap \bigcup_{W' \in \mathcal{T}_0} W' \supset K \cap \overline{V}$ と $\bigcup_{W' \in \mathcal{T}_0}(W' \cap V) \subset V$ より $K \cap \bigcup_{W \in S_0} W = K \cap V$ である.)

注意 ($\mathcal{T}$ が X の被覆であること) 任意の点 $x \in X$ に対して, 十分小さい相対コンパクトな subanalytic 開近傍 W を取る. このような近傍は, 例えば, W をある座標近傍の中に入るように作ればユークリッド空間で考えて良く, semi-analytic 開集合である開球を取れば簡単に作れる (同相写像で戻す).

ここで, $\overline{W}$ はコンパクトであり, U の連結成分 $\{U_\lambda\}$ は局所有限なので, W と有限枚しか交わらない.

W と交わる連結成分 $\{U_i\}_{i:\,\mathrm{finite}}$ から, x とは異なる点 $u_i \in U_i$ を代表点として取る ($x \in (U_i)^c$ なら $W \cap U_i \neq \emptyset$ より必ず取れて, $x \in U_i$ の場合も X が多様体なので取れる).

選んだ有限個の代表点 u_i と x の最小距離 $r = \min_i \mathrm{dist}(u_i, x)$ を考える (ユークリッド空間で考えても良いし計量を入れても良い). そこで, r 以下の半径を持つ x 中心の円を W として取り直す.

W は連結で, 相対コンパクトな subanalytic 開集合となっており, 未だ交わっている可能性のある U の連結成分に関しても, 選んだ代表点は含まれていないので, 完全には含んでいない.

よって, $W \in \mathcal{T}$ であり, 各点 x に対してこのような W_x を取れば, X の被覆となることが示せる.

証明を作る際, 間違いを起こしたのでメモしておく. 大したことは言ってないので読み飛ばし推奨.

メモ W に含まれている U_i の閉包を除けば, 有限枚の開集合の共通部分となり, 開集合になるが, 連結でなくなる例を簡単に作れる (半径 2 の円の中に, 2 つの半径 1 の円を, 内接するように書く).

また, 点 x に対して, $\min_i \mathrm{dist}(x, U_i)$ とするのは, $x \in \overline{U_i}$ のときに 0 となるので注意が必要である.

$x \in \overline{U_i}$ を場合分けして考えると, W が U_i を含んでいないか考える必要があり, 結局, x と異なる U_i の点を, (実数の連続性から?) 取る必要が出てくる.

2 Appendix

2.1 Subanalytic set

この節では, subanalytic set について述べる.

2.1.1 Semi-analytic set

執筆中

2.1.2 Subanalytic set

執筆中

2.2 $\mathbb{R}$-constructible sheaves

この節では, $\mathbb{R}$-constructible な対象について述べる.

2.2.1 stratification

執筆中

2.2.2 $\mathbb{R}$-constructible

執筆中

参考文献

[1] Masaki Kashiwara and Pierre Schapira. *Sheaves on manifolds.* No. 292 in Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften. Springer-Verlag, 1990.

[2] Masaki Kashiwara and Pierre Schapira. *Ind-sheaves.* No. 271 in Astérisque. Société mathématique de France, 2001.

[3] Masaki Kashiwara and Pierre Schapira. *Category and Sheaves.* No. 332 in Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften. Springer, 2006.

[4] Luca Prelli. *Sheaves on subanalytic sites.* No. 120 in Rendiconti del Seminario Matematico della Università di Padova. 2008.